
**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2012

BC. KAROLÍNA DĚDIČOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: N3108 Průmyslový management
Studijní obor: Produktový management – strojírenství

**VLIV KONSTRUKCE A POČTU VRSTEV
TEXTILIÍ NA TERMOFYZIOLOGICKÉ
VLASTNOSTI**

**THE INFLUENCE OF CONSTRUCTION AND
NUMBER OF TEXTILE LAYERS ON THERMAL-
PHYSIOLOGICAL PROPERTIES**

Bc. Karolína Dědičová

KHT- 142

Vedoucí diplomové práce: Ing. Tereza Peichlová

Rozsah práce:

Počet stran textu ...83

Počet obrázků48

Počet tabulek 6

Počet grafů.....10

Počet stran příloh..15

Zadání diplomové práce

(vložit originál)

PROHLÁŠENÍ

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucí mě diplomové práce paní Ing. Peichlové za trpělivost, ochotu a pomoc při zpracování této diplomové práce. Panu prof. Ing. Luboši Hesovi, DrSc. Za poskytnuté konzultace a rady.

V neposlední řadě bych ráda touto cestou poděkovala mojí rodině a mým přátelům za podporu.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá vlivem konstrukce a počtem vrstev textilií na termofyziologické vlastnosti. V této práci je zpracovaná rešerše, vztahující se k danému tématu, stejně tak i popsány fyzikální jevy, které souvisejí s problematikou. Dále jsou popsány přístroje, které se k testování používají. Textilie, které byly použity v experimentální části, jsou popsány z pohledu materiálového složení, funkčnosti a jsou rozděleny do dvou funkčních vrstev. V závěru práce je popsán experiment.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Funkční textilie, paropropustnost, Permetest, Alambeta, klimatické podmínky, vrstvení textilií

ANNOTATION

The diploma thesis deals with the influence of the construction and number of textile layers on thermal-physiological properties. In this thesis is treated the research work respect to the subject as well as described the physical phenomenon, that are related with the issues. Also the devices that are used for the testing are described in the work. The textiles that were used in the experimental part are described in the point of view material composition, function and are divided into two functional layers. In the conclusion of the thesis is described the experiment.

,

KEY WORDS:

Functional textile, breathable, Permetest, Alambeta, climatic conditions, layering of fabrics

Obsah

Úvod	10
REŠERŠNÍ A TEORETICKÁ ČÁST.....	11
Současný stav a popis problematiky	11
1 Komfort.....	14
1.1 Psychologický komfort.....	14
1.2 Senzorický komfort	15
1.3 Termofyziologický komfort.....	15
1.4 Patofyziologický komfort	16
2 Termoregulace lidského těla	17
3 Přenos tepla a vlhkosti mezi člověkem a okolím	18
3.1 Přenos tepla.....	18
3.1.1 Sdílení tepla vedením - kondukce	18
3.1.2 Přenos tepla prouděním - konvekce	20
3.1.3 Přenos tepla zářením - radiace	21
3.2 Odvod plynné vlhkosti prouděním a vedením.....	21
3.3 Odvod kapalné vlhkosti	23
3.3.1 Odvod kapalné vlhkosti difúzí	23
3.3.2 Kapilární odvod.....	24
3.3.3 Sorpce.....	24
4 Vlákná použitých materiálů	25
4.1 Podle chemického složení – základní typy	25
4.1.1 Přírodní typy vláken	25
4.1.2 Syntetické typy vláken	28
4.2 Speciální vlákna a úpravy	31
5 Měřicí přístroje a zařízení pro experiment.....	37
5.1 Permetest.....	37
5.2 Alambeta.....	39
5.3 Klimatizační komora Vötsch VC 0018.....	41
5.4 Klimatizování vzorků	42
6 Funkční textilie	44
6.1 Vrstvení materiálu	44

6.2 Rozdělení termoprádla	46
7 Klimatické podmínky v ČR.....	47
Experimentální část	48
8 Měřené vzorky	48
8.1 První vrstva	49
8.2 Druhá vrstva.....	56
9 Měření výparného odporu.....	61
9.1 Závislost plošné hmotnosti na R_{et}	61
9.2 Změna R_{et} v závislosti na tloušťce materiálu.....	62
10 Měření rychlosti odparu vlhkosti textilie.....	65
11 Vybraná kombinace materiálu měřená za sucha.....	70
11.1 Kombinace měřených vzorků	70
11.1.1 Měření na Permetestu	70
11.1.2 Měření na Alambetě	72
Závěr	75
Seznam použitých zdrojů	77

Seznam použitých zkratk a symbolů

a	měrná teplotní vodivost [m^2s^{-1}]
atd.	a tak dále
b	je tepelná jímavost [$\text{W}\cdot\text{m}\cdot 2\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$]
BA	bavlna
cca	přibližně
cm	centimetr
CO₂	oxid uhličitý
CV	variační koeficient [%]
ČR	Česká republika
ČSN	česká technická norma
g	gram
h	tloušťka materiálu [mm]
IS	interval spolehlivosti
ISO	mezinárodní organizace pro standardizaci
K	Kelvin
LI	len
m	metr
mm	milimetr
např.	například
μ	micro
obr.	obrázek
P	relativní propustnost pro vodní páry [%]
p	tlak [Pa]
Pa	Pascal
PES	polyester
PP/POP	polypropylen
PA	polyamid
q	tepelný tok [W/m^2]
r	plošný odpor vedení tepla [$\text{W}\cdot\text{K}/\text{m}^2$]
resp.	respektivě
R_{ct}	tepelný odpor [$\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$]
R_{et}	výparný odpor [$\text{m}^2\cdot\text{Pa}/\text{W}$]

t	teplota [$^{\circ}\text{C}$]
tab.	tabulka
tj.	to jest
TUL	Technická univerzita v Liberci
tzv.	tak zvaný
τ	čas [h]
v	rychlost [m/s]
WO	vlna
$^{\circ}\text{C}$	stupeň Celsia
%	procenta
λ	měrná tepelná vodivost [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$]

Úvod

Tématem pro tuto diplomovou práci je vliv konstrukce a počtu vrstev textilií na termofyziologické vlastnosti. V současné době je kladen důraz na správné vrstvení textilií a funkčnost použitých materiálů. Výrobci těchto materiálů se snaží navrhnout textilie s nejrychlejším odvodem vlhka od pokožky a zároveň chtějí vyrovnávat tělesnou teplotu v reakci na okolní i vnitřní prostředí. Proto se v poslední době spekuluje nad vrstvením oblečení – na jeho správné kombinaci.

Cílem této práce je na jedné straně zpracovat rešerši, která uvádí do problematiky. Zabývá se komfortem, tepelnými mechanismy v lidském organismu, na což navazuje problematika přenosu tepla a odvodu vlhkosti od pokožky.

Na druhé straně stojí samotný experiment, v němž je nutné zvolit metody zkoumání.

Důležité je se důkladně seznámit se zkoumanými textiliemi, jak po stránce materiálového složení, tak po stránce konstrukční. Následně je vhodné se zaměřit na správné vrstvení materiálu – tedy na oděvní systém. Velmi důležitou roli v oděvním systému a komfortu odívání hrají klimatické podmínky dané oblasti.

K naměření potřebných dat je zapotřebí měřicí přístrojů, které jsou použity k měření.

Cílem měření je navrhnout nejlepší kombinaci textilií, tak aby kombinace odpovídala požadovaným vlastnostem.

Mým předpokladem je, že by se hodnoty kombinace dvou vzorků měly co nejvíce blížit součtu hodnot samostatně měřených vzorků v dané kombinaci.

REŠERŠNÍ A TEORETICKÁ ČÁST

Současný stav a popis problematiky

Jianhua Huang se v práci [20] zabýval predikcí teploty vzduchu venkovního prostředí na tepelný komfort. Odůvodnil to tím, že aktuální indexy tepelného komfortu neberou v úvahu vliv větru a tělesného pohybu na tepelný odpor a výparný odpor oděvu. To může obecně způsobit problém pro zdraví, např. „smrtelné nachlazení“.

Na základě rovnice energetické bilance, tepelných výměn mezi oblečeným tělem a venkovním prostředím, byl vyvinut matematický model k určení teploty vzduchu. Při tomto modelu dosáhne průměrný dospělý jedinec mající na sobě outdoorové/sportovní oblečení tepelného komfortu podle podmínek vnějšího prostředí. Výsledky ukázaly, že lidé podceňují izolaci oblečení. Obecně lze říci, že nositel při menší fyzické aktivitě vliv vysoké rychlosti větru na tepelný komfort podceňuje. Přesnější predikce teploty vzduchu, která vliv větru zahrnuje, je schopna zabránit podchlazení nositele v chladných podmínkách.

Matematický model byl vyvinut s cílem předpovědět teplotu vzduchu pro tepelný komfort lidí ve venkovním prostředí.

Ve studii [31] bylo cílem prozkoumat vliv vrstvení textilií na vybrané vlastnosti, které jsou důležité pro sportovně rekreační aktivity (propustnost vzduchu, vodní páry, "suchý" a "mokrý" tepelný odpor). Laboratorními testy využívanými výrobci k výběru textilie, získáváme informaci o způsobu, jejího vhodného vrstvení. Porovnání vlastností textilií bylo založeno na různém druhu vláken (vlna, polyester) a pak na pletené struktuře textilie (jednolícni pletenina, úplet, očko). Dále se zjišťovalo, zda jsou rozdíly zřejmé mezi textilií jednovrstvou a textilií více vrstvenou. Použity byly standardní metody a jejich úpravy. Vzorky byly testovány ve standardním prostředí pro klimatizování $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$; $\phi = 65 \pm 4\%$ nebo $t = 35 \pm 2^\circ\text{C}$, $\phi = 40 \pm 2\%$. Některé vlastnosti se liší podle roztečí mezi vrstvami, anebo mezi první vrstvou a hypotetickým „kožním“ povrchem. Všechny textilní vzorky byly testovány buď jako samostatné vrstvy, či jako kombinace vrstev. Rozdíly mezi jednotlivými textiliemi byly více zřejmé u jednovrstvých než u těch s více vrstvami. Vrstvení textilií, které bývá více používáno pro teplé oblečení má významný vliv na vlastnosti jako je propustnost vzduchu a vodní

páry, tepelný odpor, a nominální tepelnou vodivost. Přidáním třetí vrstvy dosáhneme obvykle lepšího efektu, než jaký bychom získali jen dvěma vrstvami. Vrstvy textilií, které mohou být spolu použity mají hlavní vliv na vlastnosti, jako je propustnost vzduchu a vodní páry, tepelný odpor, a nominální tepelnou vodivost. Zákon tvorby vrstvení systému textilie (se vzdušnými prostory a ostatními látkami) může výrazně ovlivnit výsledek pro počet relevantních vlastností. Účinky se po přidání druhé vrstvy obvykle vylepší přidáním třetí.

Studie *O. Troynikovové a W. Wardiningsih* [46] se snaží zkoumat vlastnosti kapalné vlhkosti různých pletenin z vlákenné směsi vlny/polyesteru a vlny/bambusu, které jsou použity jako první vrstva sportovního oblečení. Textilie byly pletené v jedolící stavbě a jejich vlastnosti vzhledem k vlhkosti byly hodnoceny pomocí zkoušeče odvodu vlhkosti. Smícháním vlny s polyesterem nebo vlny s bambusem se zlepšily vlastnosti, jako je vedení vlhkosti látky ve srovnání jen s 100% vlněnou nebo 100% bambusovou textilií. Z devíti sledovaných látek bylo pět klasifikovaných jako látky, které jsou vhodné pro základní vrstvu aktivního sportovního oblečení s ohledem k odvodu vlhkosti. Vzorky těchto látek pak byly klimatizovány při teplotě prostředí $21 \pm 1^\circ\text{C}$ a s relativní vlhkostí vzduchu $65 \pm 2\%$ po dobu min. 24 hodin.

Jedolící pleteniny s různými poloměry průřezu příze vlny, polyesteru a bambusového vlákna mají různé vlastnosti. Potenciálně je možné zkonstruovat textilii pro požadovaný odvod vlhkosti tím, že se změní vlákenná směs textilie.

MMT je zkušební metoda, která se zaměřuje na transport kapalné vlhkosti v plochem stavu. Což může být vhodná metoda pro hodnocení odvodu kapalné vlhkosti, jako je pot, od povrchu lidské kůže. Neměří však vlastnosti transportu plynné vlhkosti (např. přenosu vodní páry) nebo hmatové vlastnosti, které také ovlivňují lidské vnímání komfortu. Tato metoda sama o sobě nedává celkové hodnocení komfortu oděvu nebo textilního výrobku, protože lidské vnímání pohodlí je ovlivněno více vlastnostmi. Komfortní vlastnosti testovaných textilií se berou pouze jako předběžné a musí se tedy podrobit dalšímu podrobnějšímu zkoumání.

Studie [12] se zabývá zkoumáním přenosu vlhkosti a tepla v textilií složené z jedné textilní vrstvy a vzduchové mezery, a to pomocí matematického modelu. Vlastnosti vzduchu a vlhkosti jsou citlivé na teplotu, a tudíž se předpokládá, že je funkcí místní teploty. Proto je model vhodný pro široké spektrum podmínek. Numerické schéma bylo navrženo pro řešení rozdělení teploty a koncentrace vodní páry skrz vrstvy, ve kterých byly vyhodnoceny tepelné a výparné odpory v textilií. Experimenty byly provedeny pro dvě konkrétní látky. Těmi jsou Denim a Nomex®.

Denim je látka, která slouží pro běžné nošení, zatímco Nomex® je typická vysoko výkonnostní textilie pro ochranné oděvy. Zmiňovaný experiment byl proveden pomocí „varné hlídané plotýnky“ („sweating guarded hotplate“) a údajů ukazujících dobré shody s modelovou prognózou, což naznačuje, že model pro přenos tepla a hmoty je schopen přesně předpovídat tepelné a výparné odpory pro systémy jednovrstvých tkanin. Všechny vzorky byly klimatizovány ve standardizovaném prostředí ($t = 21 \pm 1^\circ\text{C}$, $\phi = 65 \pm 1\%$) po 24 hodin.

Výsledky této metody byly porovnány s již naměřenými hodnotami a byla shledána podobnost obou výsledků. Tento model je schopen předpovídat tepelné a odpařovací únosnosti pro daný systém tkaniny tím, že mění materiálové vlastnosti a geometrii. Může sloužit jako model k určení klíčových vlastností, které ovlivňují tepelný komfort oděvu. To umožní efektivní návrh a optimalizaci klíčových parametrů vlastností, které zlepší tepelný komfort.

1 Komfort

V literatuře se setkáváme s různým výkladem slova komfort. Obecně však lze říci, že je to stav organismu, kdy jsou naše smysly v optimu a kdy okolí včetně oděvu nevytvářejí žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly. Subjektivně lze tento pocit nazvat jako pocit pohody. Nepřevládají pocity tepla ani chladu, je možné v tomto stavu setrvat a pracovat. [17,35]

Při diskomfortu naopak nastávají pocity tepla nebo chladu. Pocit tepla se dostavuje při větším pracovním zatížení anebo při působení teplého nebo vlhkého klimatu. Pocit chladu se dostavuje hlavně jako reakce na nízkou teplotu klimatu či nízké pracovní zatížení. Komfort lze jednoduše definovat jako absenci znepokojujících či bolestivých vjemů. [17]

Komfort můžeme rozdělit na několik částí, a to na komfort psychologický, senzorický, termofyziologický a patofyziologický. Míra dosažení komfortu v jednotlivých oblastech je ovlivněna především účelem použití daného textilního výrobku a také jeho nositelem. Starší nebo nemocní lidé budou mít na jednotlivé složky komfortu odlišné nároky než třeba mladí a zdraví lidé. Dalším důležitým aspektem u komfortu jsou klimatické podmínky. [17,35]

1.1 Psychologický komfort

Neboli oděvní komfort. Je to druh komfortu, který je velice specifický a individuální. Obecně lze říci, že tento druh komfortu charakterizuje sociální třídu, druh klimatu a kulturní zařazení. Jednotlivá hlediska jeho vnímání můžeme rozdělit do několika skupin:

- Klimatická
- Ekonomická
- Historická a kulturní
- Sociální [17]

Může se jednoduše popsat jako psychologický pocit nebo rozhodnutí uživatele, který nosí to určité oblečení za určitých podmínek v prostředí, ve kterém se pohybuje, neboli životní prostředí. [32]

1.2 Senzorický komfort

Tento druh komfortu zahrnuje vjemy a pocity člověka při přímém styku pokožky s první vrstvou oděvu. Tyto pocity, které vznikají při styku pokožky s textilií, mohou být příjemné, ale také nepříjemné. Patří sem pocit měkkosti, splývavost či tlak, pocit vlhkosti, škrábání, kousání atd. Můžeme jej rozdělit na komfort nošení a na omak.

- Komfort nošení zahrnuje – povrchovou strukturu použitých textilií, schopnost textilií absorbovat a transportovat plynnou či kapalnou vlhkost a mechanické vlastnosti ovlivňující rozložení sil a tlaků v oděvním systému.
- Omak – je to veličina, která se určuje subjektivně. Je založená na vjemech a to díky prstům a dlaním. Lze ho charakterizovat hladkostí, tuhostí, objemností a tepelně – kontaktním vjemem. [17,35]

1.3 Termofyziologický komfort

Termofyziologický komfort je stav těla, v němž jsou jeho funkce v optimu a je vnímán jako pohodlí. Toto vnímání je rovněž individuální. Vnitřní teplota těla se pohybuje okolo 37°C a pro celý organismus je jeho vnitřní teplota konstantní, jestliže je množství tepla vyprodukované tělem rovno teple odevzdanému do okolního prostředí. Obecně platí, že tělesná teplota není zcela stálá, je různá na různých místech těla. V těchto místech kolísá v závislosti na fyziologickém stavu těla a na okolních podmínkách. Člověk se cítí dobře, když průměrná teplota pokožky leží mezi 32 – 34°C. Nejvyšší teplotu najdeme na nejlépe prokrvených částech těla tj.: hlava, břicho, prsa, tato teplota je v rozmezí 35 – 36°C, naopak nejnižší teplotu pokožky naměříme na špičce nosu, ušních lalůčkách a špičkách prstů, tato teplota činí 23 - 28°C. Ve stavu, kdy je organismus normálně prokrven, nedochází k pocení a nenastává pocit chladu. Je to stav, kdy člověk vydrží pracovat neomezeně dlouho, stav kdy nastává harmonie mezi okolím a člověkem. [17, 35]

Optimální termofyziologický komfort nastává za těchto podmínek:

- teplota pokožky 33 - 35 °C
- relativní vlhkost vzduchu $50 \pm 10\%$
- rychlost proudění vzduchu 25 ± 10 cm/s

-
- obsah CO₂ je 0,07%
 - nepřítomnost vody na pokožce [17]

1.4 Patofyziologický komfort

Komfortní pocit je při nošení oděvů také ovlivněn působením patofyziologicko – toxických vlivů. Je to působení chemických látek obsažených v materiálu, ze kterého je oděv vyroben a mikroorganismů vyskytujících se na lidské pokožce. Působení oděvu na pokožku může vyvolat dermatózu – kožní onemocnění. Toto onemocnění může být vyvoláno drážděním. Je to fyzikálně – chemický jev, který může být vyvolán u každého jedince. Látky vyvolávající podráždění jsou: soli, organická rozpouštědla, syntetické prostředky atd. Podráždění mohou vyvolat např. tkaniny ze středně jemné až hrubé příze obsahující polyesterová staplová vlákna. Alergie je dalším druhem dermatózy. Je to individuální imunologický jev, který je zapříčiněn kontaktem s alergenem. Následkem je ekzém. Jako alergenys jsou označena některá barviva, prací a dezinfekční prostředky. [17, 35]

2 Termoregulace lidského těla

Termoregulace je schopnost organismu udržovat stálou tělesnou teplotu v přesně vymezených hranicích, i když příjem a ztráty tepla neustále kolísají. Člověk si udržuje teplotu vnitřního prostředí, která kolísá v rozmezí ± 4 °C okolo průměrné teploty 36 - 37 °C. Toto kolísání je způsobeno vnitřními i vnějšími vlivy. Termoregulace je proces, který slučuje fyziologické procesy řízené centrálním nervovým systémem, který udržuje tělesnou teplotu na optimální hodnotě. Termoregulace funguje na bázi metabolických přeměn. Ty probíhají buď jako fyzikální či chemické. V podstatě jde o zpětnovazební řídicí systém, který zahrnuje senzory, řídicí obvod a aktuátory - to jsou efekторы. Toto dohromady zajišťuje udržení příznivých podmínek pro lidský organismus. [17, 30]

- Fyzikální – jsou to podíly jednotlivých odvodů tepla z organismu → tvorba a výdej tepla
- Chemická – je to hlavně látková výměna, je závislá na fyzické zátěži organismu. → tvorba tepla [17]

Tepelná rovnováha lidského těla představuje vyrovnanost mezi teplem generovaným metabolickými přeměnami a tepelnými ztrátami. Pokud dojde k nerovnováze, tak teplota začne buď klesat, nebo poroste. K udržení přibližné rovnováhy si člověk vytváří vnější mechanickou tepelnou bariéru – oblečení. [17, 30]

Dle zdroje [30] platí pro tepelnou bariéru vztah

$$Q_M - Q_{DP} - Q_V - Q_{RL} - Q_{RS} = Q_R + Q_C = Q_{KO} [W], \quad (2.1)$$

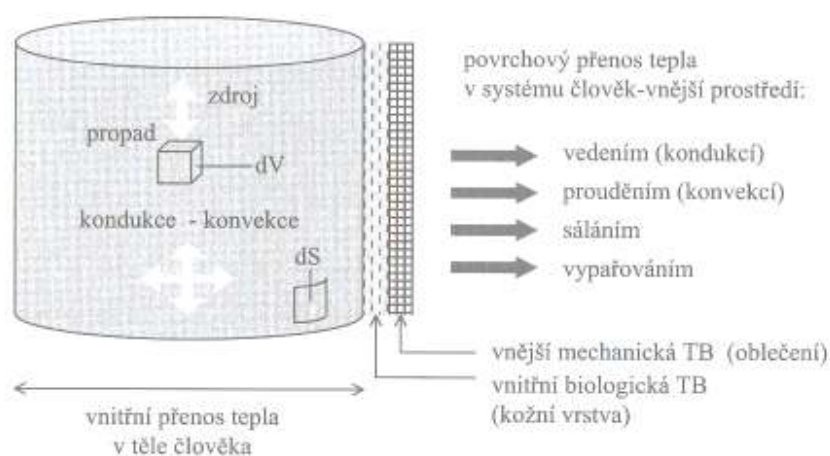
kde Q_M určuje vnitřní metabolický vývin tepla v lidském těle Q_{DP} je tepelná ztráta difúzí vodní páry povrchem těla, Q_V je tepelná ztráta odpařováním potu z povrchu těla, Q_{RL} je tepelná ztráta latentní respirací, Q_{RS} je tepelná ztráta suchou respirací, Q_{KO} je přenos tepla z povrchu těla na vnější povrch oděvu, Q_R udává přenos tepla sáláním z povrchu oděného těla a Q_C udává přenos tepla konvekcí z povrchu oděného těla. [30]

3 Přenos tepla a vlhkosti mezi člověkem a okolím

V této kapitole jsou popsány základní jevy spojené s přenosem tepla mezi člověkem a okolím a přenos vlhkosti, taktéž mezi člověkem a okolím, a to jak v kapalně formě, tak i v plynné.

3.1 Přenos tepla

Při tomto jevu dochází k předávání tepla z míst o vyšší teplotě do míst s nižší teplotou. K šíření tepelné energie dochází díky působení tří základních druhů sdílení tepla – vedením tepla, tepelným prouděním a tepelným zářením viz obrázek 1. [4, 36]



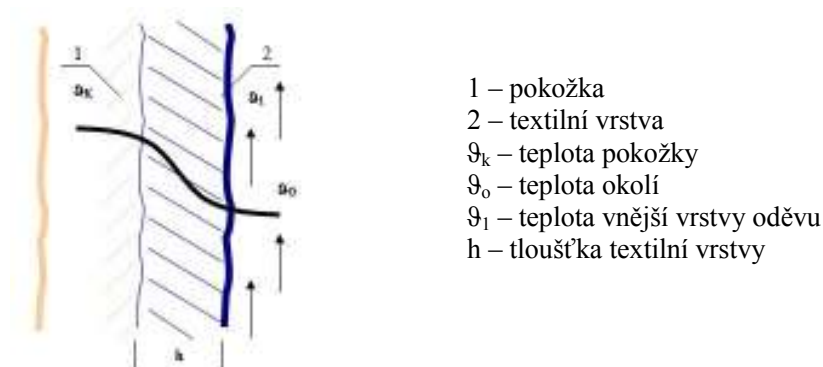
Obr. 1: Přenos tepla v systému člověk – vnější prostředí [30]

3.1.1 Sdílení tepla vedením - konduktce

Konduktce je způsob přenosu tepla, při němž se teplo šíří důsledkem tepelného pohybu strukturních částic hmoty (tj.: molekul, atomů a volných elektronů). Tento jev nastává v tuhých tělesech a ve velmi tenkých nepohybujících se vrstvách kapalin a plynů. [36]

Tento přenos je uskutečněn za předpokladu, že je oděv v těsném kontaktu s kůží. Celý proces funguje na bázi předávání kinetické energie, teplota okolí musí být nižší než teplota těla. Čím vyšší je tento rozdíl, tím je přenos tepla vedením rychlejší. Nezáleží jen na rozdílu teplot, ale i na tloušťce vrstvy přilehlého oděvu, množství statického vzduchu v oděvu a na vnějším pohybu vzduchu. Přenos tepla vedením se uskutečňuje

především na chodidlech a při sezení či ležení. Stručné schéma je uvedeno na obrázku 2. [17]



Obr. 2: Přenos tepla kondukcí [17]

Základním zákonem pro vedení tepla je Fourierův zákon vyjadřující úměrnost mezi tokem tepla q^* [W/m²], tepelnou vodivostí λ [W/(m·K)] a teplotním gradientem $grad\ t$ [4]

$$q^* = -\lambda grad\ t \text{ [W/m}^2\text{]}. \quad (3.1)$$

Záporné znaménko ukazuje, že tepelný tok λ a teplotní gradient $grad\ t$ mají jako vektory opačný smysl, tj. že se šíří ve směru klesající teploty. [4]

Při hodnocení tepelného komfortu je velice významným vztahem tepelný odpor R [m²K/W] deskových materiálů, jako jsou plošné textilie, tenké vzduchové vrstvy a jiné, o tloušťce h [m] [17]

$$R = h/\lambda \text{ [m}^2\text{K/W]}. \quad (3.2)$$

Tepelný odpor vzduchové vrstvy v oděvu dosahuje maxima, když $h = 5$ mm, u silnějších vrstev tepelný odpor klesá, protože se uplatňuje volná konvekce. [17]

Podle Fourierova zákona, kde homogenní neomezenou rovinou stěnou, s povrchy, které jsou udržovány na nestejných teplotách, prochází tepelný tok:

$$Q^* = \lambda \frac{t_{s1} - t_{s2}}{l} S \text{ [W]}, \quad (3.3)$$

kde λ je součinitel tepelné vodivosti materiálu stěny [W/(m·K)], t_{s1}, t_{s2} je časově neměnné teploty izotermických povrchů stěny [°C, K], l udává tloušťka stěny [m] a S charakterizuje povrch stěny [m²]. [4]

Součinitel tepelné vodivosti závisí na druhu látky a u té samé látky se mění s teplotou, vliv tlaku se zanedbává, hlavně u látek pevných. Nejvyšší hodnotu součinitele tepelné vodivosti mají kovy. [4]

3.1.2 Přenos tepla prouděním - konvekce

Konvekce, neboli sdílení tepla přestupem, je způsob přenosu tepla v pohybujících se tekutinách – kapalinách, plynech a sypkých látkách. V čisté formě neexistuje, protože jak uvnitř proudící tekutiny, tak i na rozhraní mezi tekutinou a pevným tělesem je pokaždé doprovázeno vedením tepla. Přenos tepla mezi tekutinou a pevným povrchem se nazývá přestup tepla, ale pouze při jejich přímém kontaktu. Teplo se šíří díky tepelné vodivosti, a to při ohřevu či ochlazování tekutiny. Tento jev se nazývá výměna tepla mezi tekutinou a obtékanou stěnou tuhého tělesa. [4, 36]

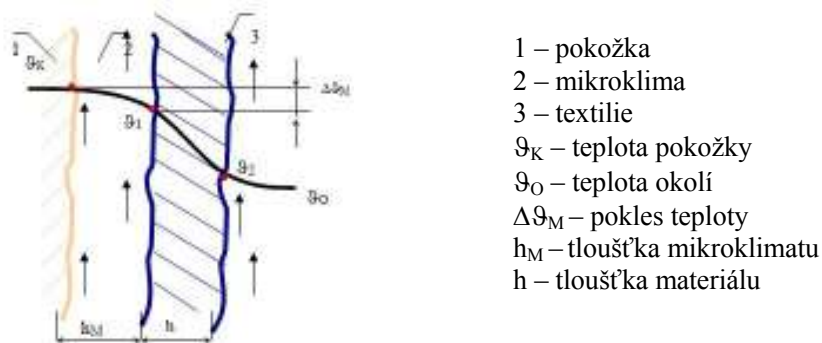
Dle zdroje [4] ho charakterizuje Newtonova rovnice pro tepelný tok Q^* [W].

$$Q^* = \alpha(t_f - t_s) \cdot S \text{ [W]}, \quad (3.4)$$

kde α je součinitel přestupu tepla [W/(m²·K)], t_f udává teplota tekutiny [°C, K], t_s je teplota stěny [°C, K] a S je teplosměnný povrch [m²].

Jinými slovy je teplo přenášeno částicemi tekutin pohybující se rychlostí v [m/s]. V tepelné mezní vrstvě (prostředí mezi objektem a proudícím prostředím) vzniká teplotní spád. Tloušťka mezní vrstvy je rozdílná, a to při tzv. laminárním proudění tekutiny a turbulentním proudění. U turbulentního proudění tekutin si trajektorie

jednotlivých částic nezachovávají svůj původní směr, vzájemně se mísí. Na obrázku 3 je uvedeno stručné schéma přestupu tepla prouděním. [17]



Obr. 3: Přestup tepla prouděním [17]

3.1.3 Přenos tepla zářením - radiace

Tepelné záření nevyžaduje hmotné prostředí. Přenos se uskutečňuje prostřednictvím elektromagnetického vlnění, které se šíří rychlostí $c = 3 \cdot 10^8$ m/s. Vzniká v důsledku tepelného stavu těles. Při dopadu na povrch jiných těles nebo jejím průchodem se mění části zářivé energie zpět na energii tepelnou. I lidské tělo může přijímat či vydávat teplo radiací. Je to závislé na teplotě okolního prostředí, vlhkosti a odhalení. O výdeji tepla se mluví tehdy, když je okolní teplota nižší než teplota lidského těla. Podle délky vlny se rozdělují do několika typů záření: gama záření (nejkratší vlnové délky), rentgenové záření, extrémní ultrafialové záření, ultrafialové záření, optické záření, infračervené záření, submilimetrové záření, mikrovlnné záření a radiové záření. [4, 17]

3.2 Odvod plynné vlhkosti prouděním a vedením

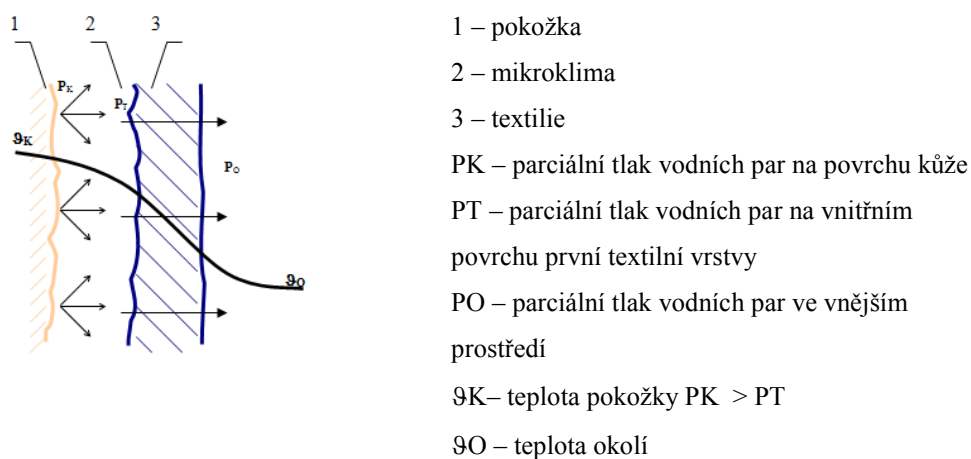
Stejně jako teplo, může být i plynná vlhkost ve formě vodní páry přenášena vedením a prouděním. Závisí to na rozdílu mezi koncentrací nasycené páry nebo parciálním (nasyceným) tlakem p_{WSAT} [Pa] na povrchu těla – lidské pokožky a aktuální koncentrací vodní páry - jejím parciálním (nasyceným) tlakem p_{WE} [Pa] v okolním prostředí. Opačný poměr těchto parametrů vynásobený 100 se nazývá relativní vlhkost ϕ [%]. [17]

Podle zdroje [17] se při dostatečném gradientu parciálních tlaků z povrchu kůže odvede tepelný tok q [W/m^2], který se rovná násobku odparu vlhkosti m^* [$\text{kg}/(\text{m}^2\text{s})$] a výparnému teplu vody L , kdy při 20°C má hodnotu cca $2,4 \text{ MJ/kg}$.

$$q = m \cdot L \text{ [W/m}^2\text{]}. \quad (3.5)$$

Přenos vlhkosti prouděním nastává, když je vodní pára přenášena částicemi tekutin, a to za předpokladu, že mezi první vrstvou textilií a pokožkou je mezní vrstva. Právě tato vrstva umožňuje proudění částic a částečný pokles teploty. [17, 35]

Přenos vlhkosti vedením neboli difúze nastává, když je oděvní systém uzavřen a mezi jednotlivými vrstvami textilií jsou malé mezery. V tomto případě můžeme mluvit o odvádění vodní páry vedením, jako je to znázorněno na obrázku 4. [15, 17]



Obr. 4: Přenos vlhkosti vedením mezi kůží a okolím [17]

Podle zdroje [17] se 1. Fickově zákonu uvádí, že množství páry m^* [$\text{kg}/(\text{m}^2\text{s})$] je přenášeno vzduchovou mezerou tloušťky h , zároveň je úměrné difúznímu koeficientu D_p [$\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}\cdot\text{Pa}$] a gradientu parciálního tlaku $\Delta p_{\text{parc}}/\Delta x$. Vyjadřuje ho následující rovnice

$$m^* = -D_p \cdot \Delta p_{\text{parc}} / \Delta x = -D_p \cdot (p_{\text{WSAT}} - p_{\text{WE}}) / h \text{ [kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})\text{]}. \quad (3.6)$$

Na místo gradientu vodní páry, může být použito gradientu koncentrace hmotnosti C [$\text{kg H}_2\text{O}/1\text{kg}$ vlhkého vzduchu]

$$m^* = -D_C \cdot \Delta C / \Delta x = -D_p \cdot (C_{WSAT} - C_{WE}) / h \text{ [kg/(m}^2 \cdot \text{s)]}. \quad (3.7)$$

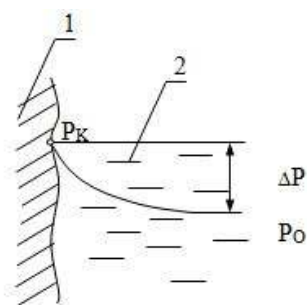
Stavová rovnice plynu udává rozdíl mezi tvary difúzního koeficientu takto

$$D_p = D_C \cdot M_W / RT. \quad (3.8)$$

kde M_W určuje molární koncentraci vodní páry, R určuje obecnou plynovou konstantu a T udává absolutní teplotu vodní páry. [17]

3.3 Odvod kapalné vlhkosti

Lidské tělo díky termoregulační činnosti produkuje vodu – pot. Ochlazovací efekt vznikne odpařením potu. Odpařování potu je důležitým faktorem pro zajištění tepelné rovnováhy lidského organismu. U volného povrchu, jako je v tomto případě kůže, je jedinou podmínkou pro odpar dostatečný rozdíl parciálních tlaků páry, viz obr. č. 5. Zde jsou popsány základní způsoby odvodu potu u oblečeného člověka. [17, 19]



1 - pokožka

2 - venkovní vzduchová vrstva

$\Delta P = P_K - P_O$ spád parciálního tlaku páry

P_K - parciální tlak páry u pokožky

P_O - parciální tlak páry v okolním vzduchu

Obr. 5: Odvod vlhkosti z volného povrchu kůže odparem [17]

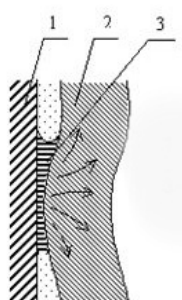
3.3.1 Odvod kapalné vlhkosti difúzí

Díky pórům, které jsou v textilií, je realizován tento druh prostupu vlhkosti z povrchu kůže. Pára je přenášena vedením – difúzí díky kanálkům, které jsou v jednotlivých částech oděvu. Vlhkost prostupuje textilií ve směru nižšího parciálního tlaku páry, difúzní odpor jednotlivých oděvních vrstev se sčítá, důležitý je i odpor vzduchových vrstev. [17, 19]

3.3.2 Kapilární odvod

Kapalný pot na kůži je v kontaktu s první textilní vrstvou a díky kapilárním cestám vzlíná do textilní vrstvy všemi směry nebo je přenášen do dalších vrstev. Říká se mu knotový efekt, viz obrázek 6. [17]

K intenzivnímu odvodu vlhkosti dochází, pokud je struktura přize kompaktní a prostor mezi vlákny je co nejmenší. Intenzita prostupu vlhkosti je závislá na spádu parciálních tlaků ΔP . Tento způsob odvodu vlhkosti závisí na smáčecích schopnostech textilních vrstev, na povrchovém napětí vláken a potu. [17, 19]



1 – pokožka

2 – textilní vrstva

3 – kapalný pot

Obr. 6: Odvod potu 1. vrstvou textilie [17]

3.3.3 Sorpce

Sorpce je nejpomalejším mechanismem transportu vlhkosti. Sorpce se spolu s kapilárním a difúzním odvodem transportu vlhkosti zúčastňují současně. Sorpční proces je podmíněn použitím alespoň částečně sorpčních vláken v textili. Spočívá ve vniku vlhkosti nebo kapalného potu do neuspořádaných mezimolekulárních částí ve struktuře vlákna, následně navázání na hydrofilní skupiny v molekulové struktuře. Nejlepší kombinací je difuzní odvod se sorpčním odvodem vlhkosti. [17, 19]

4 Vlákná použitých materiálů

V této kapitole je uvedeno základní rozdělení typů vláken, a to podle chemického složení a následně podle speciální úpravy. Výběr popsaných speciálních úprav a vláken byl zúžen na měřené vzorky, proto zde nejsou uvedeny některé další typy vláken či úprav.

4.1 Podle chemického složení – základní typy

Základním rozdělením vláken je podle jejich chemického složení, a to na vlákna přírodní a chemická.

Přírodní se dále dělí na vlákna:

- z celulózy (ze semen, stonků, listů a plodů)
- z bílkovin (např. keratinová)

Chemická se dělí na vlákna:

- z přírodního polymeru (např. z celulózy, rostlinných bílkovin atd.)
- ze syntetického polymeru (např. polyamidová, polyesterová atd.)
- anorganická (z kovů a minerálů)
- speciální (např. dutá) [42]

4.1.1 Přírodní typy vláken

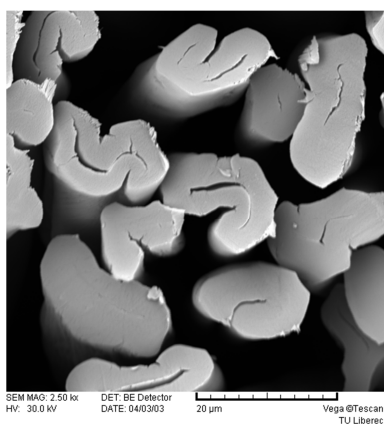
Tato kapitola charakterizuje základní typy přírodních vláken, a to vlákna rostlinného původu – bavlna a len a vlákna živočišného původu – vlna. Vlákná rostlinná jsou na bázi celulózy. Mohou být buď ze semen – bavlna či kapok, z lodyh neboli stonků – len, konopí, juta nebo z listů – aloe, sisal atd. Pro potřeby této práce jsou zde uvedeny pouze zástupci z vláken semenných, ze stonků a živočišného původu, a to v pohledu základní charakteristiky. [33, 42, 55]

Bavlna - CO

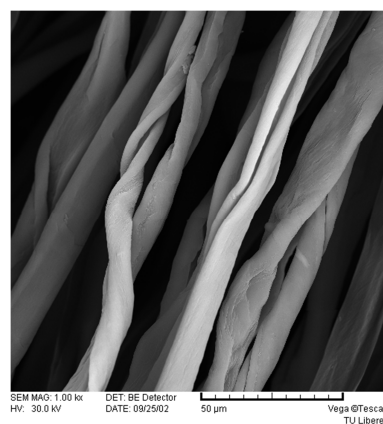
Bavlna spadá do kategorie vláken rostlinných, jak již bylo zmíněno. Jsou to vlákna jednobuněčná obrůstající ze semen bavlníku. Tyto vlákna jsou příjemná k pokožce, mají

vysokou nasákavost, vážou na sebe vlhkost, kterou absorbují a pomalu schnou, tím pádem tělo rychleji prochladne a například pro zimní sporty je bavlna jako materiál pro výrobu 1. vrstvy, nevhodnou surovinou. Je částečně hřejivá a při náhlém zavlhčení suchých vláken je uvolňováno tzv. sorpční teplo a prostup vodních par je minimální. V současné době se využívá směsi bavlny a syntetického materiálu, ale ani toto spojení není vhodné, protože snižuje propustnost vlhkosti i vzduchu a to může způsobit alergie či plísně. Z těchto důvodů se funkční prádlo nejčastěji vyrábí ze syntetických vláken. Naopak mezi klady patří, že bavlna za vysokých teplot chladí a zůstává vlhká, je příjemná na omak. Díky rostlinnému původu ale snadno podléhá plísním. [33, 42]

Řez příčný



Podélný směr

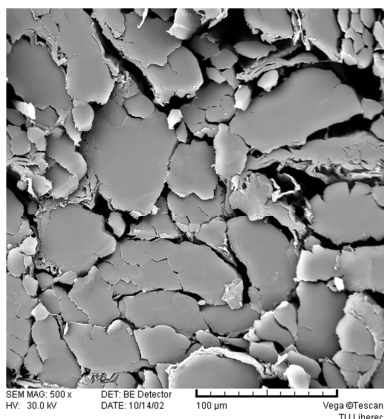


Obr. 7: Bavlněná vlákna [47]

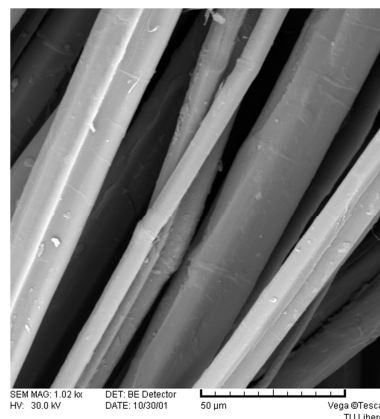
Len – LI

Len je taktéž rostlinného původu. Jsou to vlákna mnohobuněčná, skládají se z elementárních vláken. Vlákna jsou pevná a za mokra se pevnost zvyšuje, jsou málo tažná, ale odolná jak vůči vodě sladké, tak i slané. Na omak je len studený, proto je jeho využití vhodné pro výrobu letních oděvů, ale pouze jako vrchní ošacení. Pro výrobu spodního prádla je len nevhodný, protože je příliš hrubý. Stejně jako bavlna, snadno podléhá plísním. [33, 42]

Řez příčný



Podélný směr

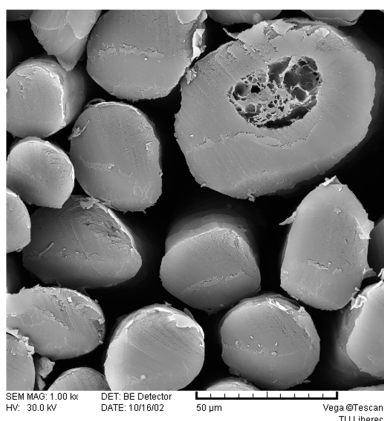


Obr. 8: Lněná vlákna [49]

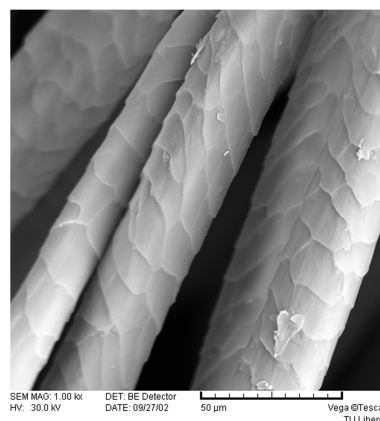
Vlna – WO

Vlna neboli vlákno z keratinu má specifické vlastnosti jakými jsou: tažnost, pružnost, ohebnost nebo zotavovací schopnost. Díky obloučkovitosti poskytuje tepelnou izolaci, proto se využívá při výrobě 2. vrstvy oblečení – svetry atd. Dobře se barví. Na druhé straně má nižší pevnost, kvůli živočišnému původu lehko podléhá plísním. Nejběžnější je vlna ovčí. Průřez vlněnými vlákny je na obr. 9. Opět zde může vzniknout sorpční teplo jako u bavlny. [33, 42]

Řez příčný



Podélný směr



Obr. 9: Vlákna vlny [53]

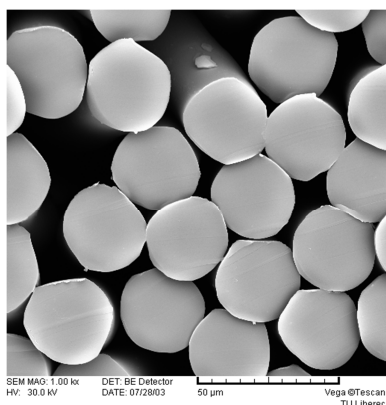
4.1.2 Syntetické typy vláken

Nejpoužívanějšími vlákny pro výrobu termoprádla jsou vlákna polyesterová, polypropylenová a polyamidová. Funkčnost těchto vláken spočívá zejména v tvaru průřezu a speciálních úprav jako například kaustifikace (což je působení NaOH). Tvary průřezu vláken byly ověřovány podle dokumentace TUL/KTT z obrazové analýzy.

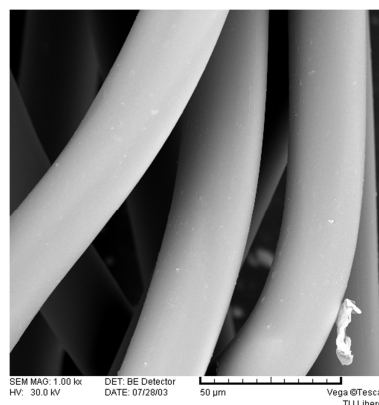
Polyamid - PA

Polyamidová vlákna se chemickou podstatou blíží vlně. Polyamid 6.6 známý jako Nylon byl vyroben roku 1935, průmyslově se začal vyrábět roku 1939, původní patent vlastní firma DuPont. Je to sloučenina kyseliny adipové a kyseliny hexamethylendiamnové. Polyamid 6 v ČR známý jako Silon byl vynalezen roku 1938 a průmyslově se začal vyrábět až v roce 1942. Vyrábí se polymerací kaprolaktamu s vodou a ohřevem na 220 – 240°C v inertní atmosféře. Polyamid neboli Nylon je syntetické vlákno, obecně značené PA. Existuje mnoho typů, nejrozšířenějšími z nich jsou polyamid 6 a polyamid 6.6, navzájem se liší molekulovou strukturou i některými vlastnostmi. Nylon – polyamid 6.6 má vyšší tepelnou odolnost a větší trvanlivost. Jedná se o termoplastická vlákna, tzn., že výrobky z nich vyrobené je zapotřebí tepelně fixovat. Je tvarově stabilní, používá se jako náhrada přírodního hedvábí nebo také jako směšová komponenta s bavlnou a vlnou. Jsou to vlákna s vysokou odolností vůči trhání a oděru. [44, 48, 57]

Řez příčný



Podélný směr



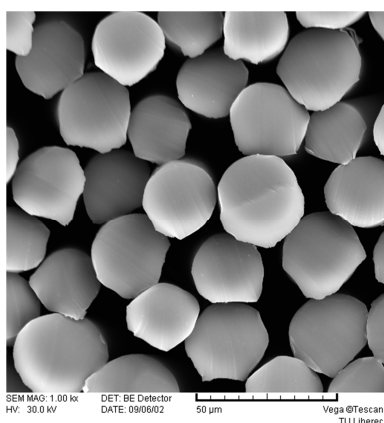
Obr. 10: Polyamidová vlákna [50]

Polyester - PES

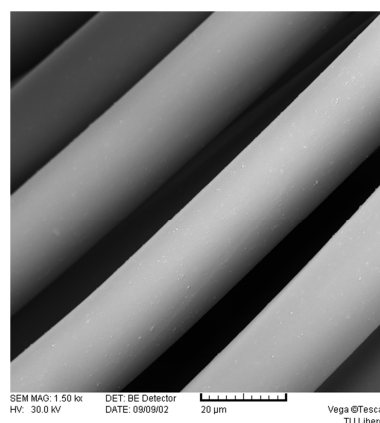
Polyesterové vlákno ze syntetického polyesteru bylo vynalezeno roku 1941 v Anglii, ale průmyslově vyrábět se začalo až roku 1947. Základní surovinou pro výrobu je ropa. Značí se PL nebo PES, je to polymer vzniklý chemickou reakcí (polykondenzací), klasický polyester vzniká esterifikací kyseliny tereftalové a etylénglykolu. Ve srovnání s polyamidem je to relativně tuhé vlákno, na druhé straně má oproti – viz dále, PP vyšší schopnost navlhnout a je 2x těžší. [33, 48]

Používá se hlavně ve směsích, a to s bavlnou, vlnou a viskózou. Polyester zvyšuje tuhost výrobku a snižuje jeho mačkavost. Průřez vlákny polyesteru je na obr. 11. Termoprádlo vyrobené z PES vláken je odolné vůči vyšším teplotám, ale má poměrně silný kladný el. náboj, a to může způsobit kožní alergie. Zaujímá první místo v produkci mezi syntetickými vlákny. [33, 48, 55]

Řez příčný



Podélný směr



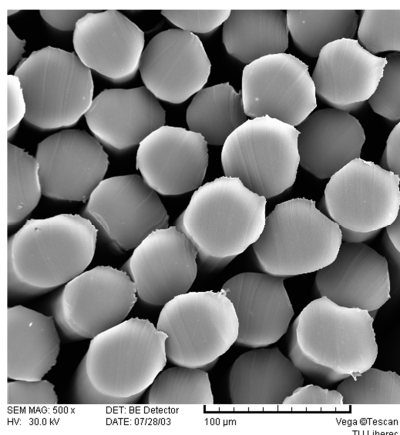
Obr. 11: Polyesterová vlákna [51]

Polypropylen - PP nebo POP

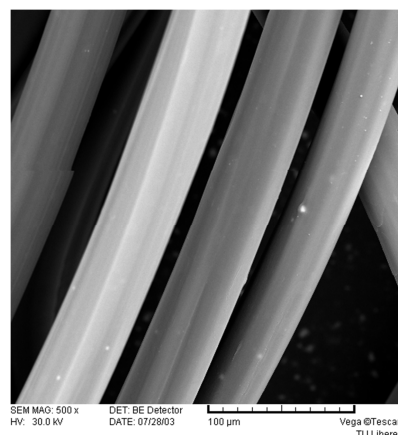
Počátky výroby tohoto vlákna se datují do roku 1956. Průmyslová výroba začala roku 1960. Vyrábí se polymerací propylenu s využitím Ziegler - Nattových katalyzátorů (TiCl_3 , $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$). Vlákná typu PP jsou komfortní pro lidskou pokožku, nevyvolávají alergické reakce a jsou odolná vůči plísním a bakteriím. Mají nejnižší nasákavost, velice nízkou tepelnou vodivost a nízkou hmotnost. Udržují si záporný elektrický náboj, a to je pro lidský organismus příznivé. Průřez vlákny polypropylenu je na obr. 12. Jsou odolná

vůči kyselinám, zásadám, redukčním i oxidačním činidlům, proto vlákno získává barvu obarvením základní suroviny, a to už při výrobě. Na tato vlákna se neváže ani nečistota, proto je i údržba snadná. [48, 55]

Řez příčný



Podélný směr



Obr. 12: Polypropylenová vlákna [52]

V tabulce 1 jsou uvedeny teploty tání, tažnost, pevnost a navlhavost u základních syntetických vláken.

Tab. 1 Tabulka teploty tání, pevnost, tažnost a navlhavost PA 6.6, PA 6, PES a PP [48]

	PA 6.6	PA 6	PES	PP
Teplota tání [°C]	256	220	258	165 - 170
Pevnost za sucha f_s	3.6 – 4.1 cN/dtex	3.6 – 7.5 cN/dtex	3.8 – 7.2 cN/dtex	1.5 – 6 cN/dtex
Tažnost [%]	18 – 25%	23 – 55 %	50 - 70	15 – 60 %
Navlhavost [%]	3,8 %	3 - 4,5 %	0,3 – 0,4 %	0 – 0,005%

Vlhkostní přírážka neboli reprisa či uzanční vlhkost, je konstantní povolená přírážka hmotnosti materiálu při normovaném ovzduší. V tabulce 2 jsou uvedeny hodnoty uzanční vlhkosti u základních typů vláken.[29]

Tab. 2 Uzanční vlhkost [29]

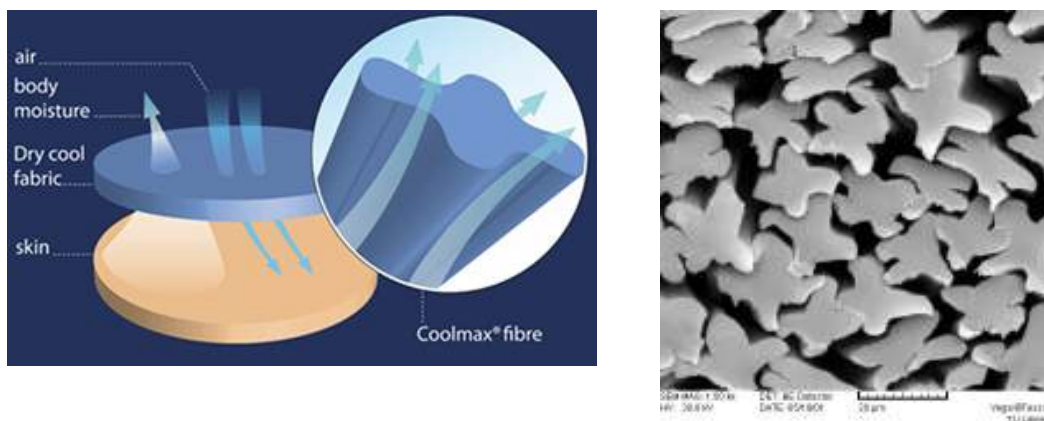
Vlákno	Vlhkostní přírážka vláken [%]	Vlhkostní přírážka příze [%]
Bavlna	8,5	8,5
Len	12	10
Vlna mykaná/česaná	17/17	17/18,25
Polyamid	5,75	5,75
Polyester	0,70	0,7
Polypropylén	0,1	0,1

4.2 Speciální vlákna a úpravy

V této kapitole jsou uvedena speciální vlákna a úpravy, kterých je využito hlavně při výrobě funkčního prádla/termoprádla. Jsou zde vybrány cíleně pouze ty druhy, které byly využity při výrobě vzorků a které byly vybrány pro účely výzkumu v této diplomové práci.

Coolmax

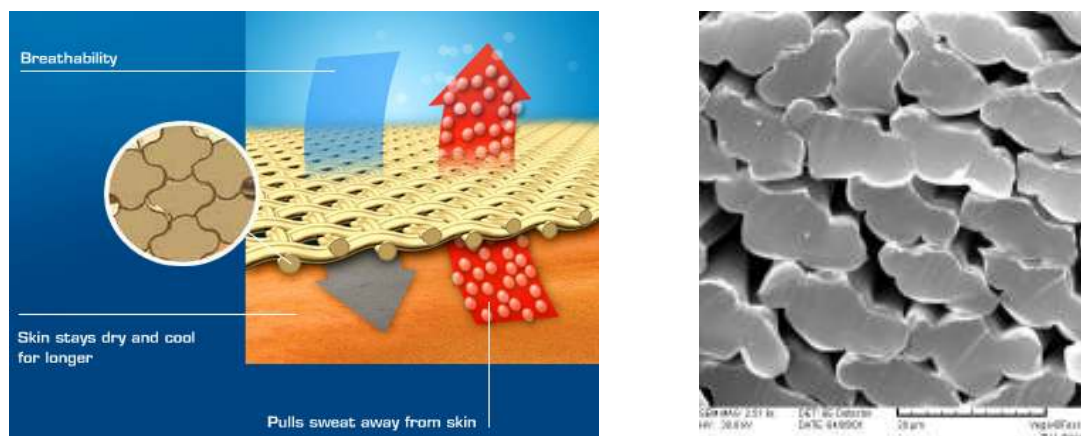
Coolmax je speciální modifikované čtyřkomorové vlákno vyrobené z polyesteru, vyráběné firmou Advansa, registrovaná ochranná známka však patří společnosti Invista. Konstrukce tohoto vlákna zvětšuje jeho povrch, viz obr. 13, a to umožňuje vynikající odvod par a vlhkosti od povrchu těla. Má velmi dobrou regulaci, a proto udržuje pokožku v suchu. Vlákno má též velmi nízkou nasákavost a rychleji schne. Úplety vyrobené z tohoto vlákna jsou jemné, lehké a prodyšné, proto jsou vhodné jako 1. vrstva při vrstvení oděvu. Vzhledem k tomu, že je vlákno vyrobeno z polyesteru, je odolné proti plísním, pachům a je nenáročné na údržbu. Textilie vyrobené z toho typu vlákna se mohou využívat jen pro určité zóny – tam, kde se člověk nejvíce potí – potní zóny neboli potních zón. [13, 22]



Obr. 13: Ukázka funkčnosti vlákna Coolmax [13] a jeho příčný řez [51]

CoolPlus

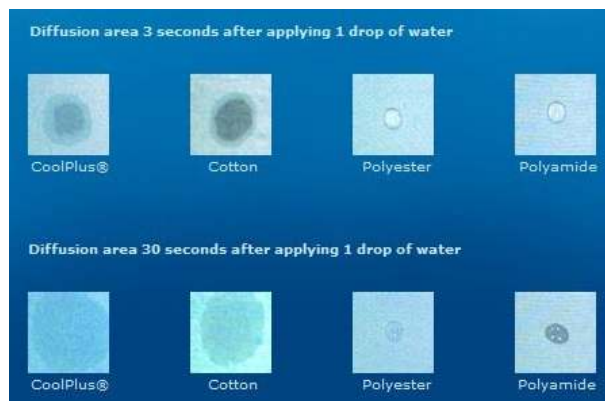
Vlákno se vyrábí z polyesteru nebo také nylonu. Základní funkcí tohoto vlákna je, že velmi rychle odvádí vlhkost od pokožky pomocí kapilár. Toto speciální vlákno vytváří maximální plochu, díky svému tvaru, viz obr. 14, a tím výrazně přispívá k rychlejšímu odpařování vlhkosti. Pokožka zůstává suchá a textilie se nelepí na tělo. Zvyšuje pocit komfortu a možnost využití je velice široká – sport, zdravotnictví. [5, 6]



Obr. 14: Ukázka funkčnosti vlákna CoolPlus [5] a příčný průřez jeho vláknem [51]

Na obrázku č. 15 je ukázka toho jak se chová jedna kapka vody na difúzní ploše 3 sekundy po aplikaci. Ve 2. řádku je tatáž plocha s 1 kapkou vody po 30 sekundách. Pokus byl proveden na textilií vyrobené z materiálu CoolPlus, bavlny, polyesteru a polyamidu. Je vidět jak se chová materiál CoolPlus – kdy se snaží co nejrychleji

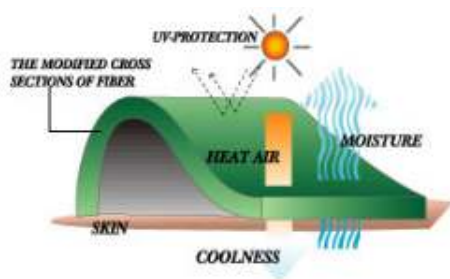
„rozprostřít“ vlhkost do plochy textilie, aby se docílilo co nejrychlejšího odvodu vlhkosti od pokožky. [5]



Obr. 15: Porovnání funkčnosti textilie vyrobené z vlákna CoolPlus s BA, PES a PA [5]

Ice Cool

Vlákno, je vyráběno z polyesteru nebo nylonu firmou Singtex. Textilie vyrobené z tohoto vlákna mají schopnost pomalu pohlcovat teplo od pokožky, ale rychle jej odvádět a díky tomu vytvářet chladnější pocit, viz obr. 16. Textilie jsou schopny snížit teplotu o 1 až 2°C. [39]



Obr. 16: Ukázka funkčnosti vlákna Ice Cool [39]

Lycra

Je obchodní název pro elastan, v USA a Kanadě známý jako spandex, vyráběný firmou Invista. Jedná se o vysoce elastický polyuretan. Používá se v kombinaci s bavlnou, polyamidem, polyesterem atd. Zlepšuje vlastnosti oděvů. Je to segmentovaný polyuretan, který se skládá z měkkých nebo pružných segmentů spojených s tvrdými segmenty – toto vlákno dává trvalou pružnost. [2, 23]

Modal

Jde o vlákno vyrobené na bázi regenerované celulózy. Registrovaná ochranná známka patří firmě Lenzing. Základní surovinou pro jeho výrobu je bukové dřevo. Modalová vlákna mají hladký a jemný povrch, zároveň mají dobrou nasákavost a dobrou schopnost rychle odvádět pot od pokožky. Na omak je úplet velmi jemný, ale přitom dostatečně pružný a odolný. [14]

Recyklovaný polyester

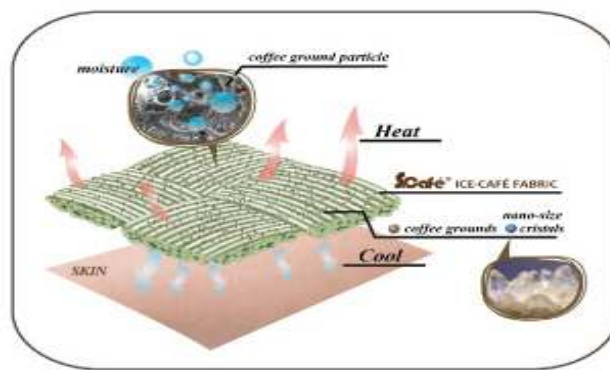
Firma Singtex použila pro výrobu tohoto vlákna plastový odpad. Z těchto artiklů byla vyrobena drť a následně vlákno, viz obr. 17. Toto syntetické vlákno je velmi šetrné k životnímu prostředí, odolné vůči vysokým teplotám a velmi dobře se udržuje v čistotě. Charakterizuje ho stabilita tvaru, odolnost vůči mačkání, vysoká trvanlivost. [40, 43]



Obr. 17: Stručné schéma výroby recyklovaného polyesteru [40]

S. Café

Vlákno je vyrobené z polyesteru recyklací kávové sedliny. Ve firmě Singtex přišli na proces, který tento druh odpadu využije ve prospěch životního prostředí, a to díky transformaci kávové sedliny do vláken. Struktura vlákna zajišťuje rychlý odvod vlhkosti od pokožky na povrch textilie. Materiál omezuje vznik nepříjemného zápachu. [38, 41]



Obr. 18: Ukázka funkčnosti vlákna S.Café [41]

Supplex

Vlákno zvané supplex se velmi podobá bavlně, jak vzhledem, tak i omakem. Je to směs polyamidu a lycry v poměru 90% polyamid, k 10% lycry. Vyrábí ho firma DuPont. Textilie vyrobené z toho vlákna jsou prodyšné, drží tvar, rychleji schnou než bavlna a drží si svou barvu. Tento materiál je vhodný pro výrobu sportovního a outdoorového oblečení. [24]

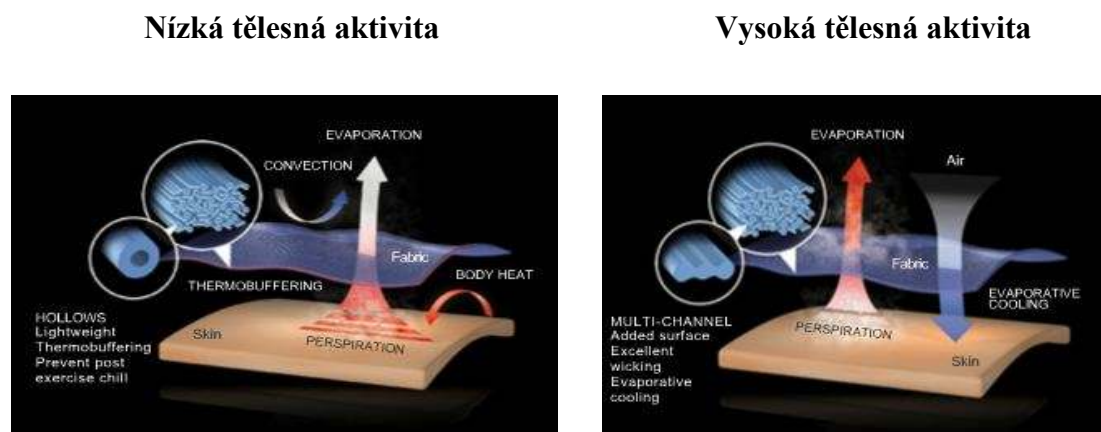
Thermo cool

Vlákno Thermo Cool je vyráběno firmou Advansa, a to z polyesteru. Je to kombinace vlákna dutého a vláken kanálkových, která jsou opletena okolo dutého vlákna, mají větší povrch a spolu s kanálky usnadňují rychlejší odpar vlhkosti, viz obr. 19. Textilie vyrobené z toho vlákna, mají schopnost optimalizovat termoregulaci lidského těla – pokožky a to podle potřeb jedince. Podle potřeby tělo ochlazuje nebo vyrovnává teplotu. Dalo by se říci, že toto vlákno poskytuje teplo, když se člověk cítí diskomfortně a je mu zima. Na druhé straně je schopno ochlazovat tělo za stavu horka. [18, 45]



Obr. 19: Průřez vlákna Thermo cool [45]

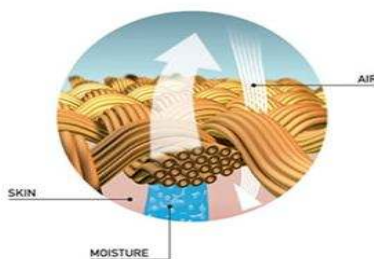
Při vysoké tělesné zátěži se hlavně využívá funkčnosti vláken omotaných okolo dutého vlákna – rychle odvádí vlhkost/pot od pokožky, odpařuje ji. Naopak při nízké zátěži je využito funkce dutého vlákna, to udržuje tělo v teple, protože má dobré termoizolační vlastnosti (vzduchová mezera, ve které nevzniká volná konvekce je výborný tepelný izolant). Názorně je tato funkce ukázána na obr. 20. [18, 45]



Obr. 20: Ukázka funkce vlákna za nízké tělesné aktivity a za vysoké tělesné aktivity [45]

Thermolite

Jedná se o vlákno vyráběné firmou Advansa, ale registrovaná ochranná známka patří společnosti Invista. Textilie umožňuje rychlý odvod vlhkosti od pokožky a transferuje ji na povrch textilie, kde se odpařuje. Vlákná jsou vyrobena z polyesteru a v samotné textilií jsou použita v kombinaci s polyamidem či elastanem. Vláknو poskytuje větší tepelnou izolaci i přes jeho nízkou hmotnost. Textilie vyrobená z toho vlákna schne o 20% rychleji než jiné termoizolační textilie a o 50% rychleji než bavlna. [1, 25]



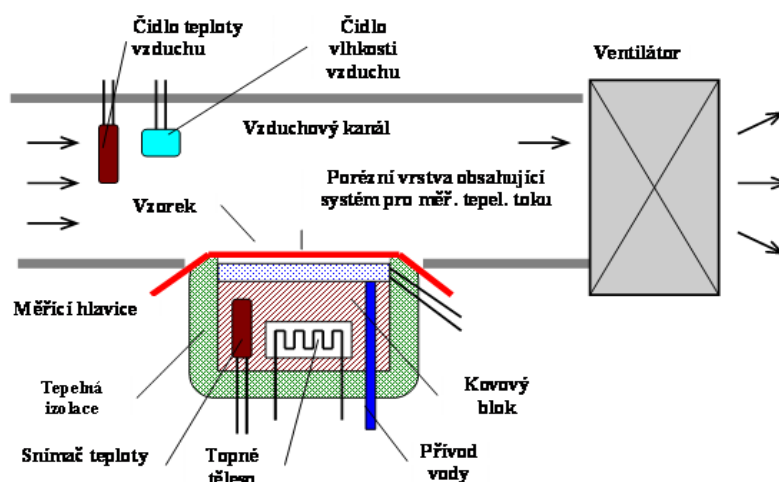
Obr. 21: Ukázka funkčnosti vlákna Thermolite [3]

5 Měřicí přístroje a zařízení pro experiment

V této kapitole jsou popsány přístroje, díky kterým se provádělo měření. Je uvedena stručná charakteristika zařízení a základní popisy měření. Měření je prováděno v souladu s normou ISO 11092:1993 Zjišťování fyziologických vlastností - měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou). V normě je uvedena jiná relativní vlhkost u měření na Alambetě a jiná teplota u Permetestu, což nám pro porovnávání nevadí, navíc v několika pracích už tento rozdíl byl řešen. [26]

5.1 Permetest

Tento přístroj vynalezený prof. Hesem, je založen na přímém měření tepelného toku q procházejícího povrchem tepelného modelu lidské pokožky, povrch modelu je porézní a je zvlhčován – to simuluje funkci kůže, tedy ochlazování pocením. Můžeme měřit i výparný odpor R_{et} a relativní paropropustnosti p . Na tento povrch je přes folii přiložen vzorek a vnější strana měřeného vzorku je ofukována a to při rychlosti vzduchu buď $v_1 = 1\text{m/s}$ nebo $v_2 = 2\text{m/s}$. Díky malým rozměrům přístroje je možné provést měření kdekoliv. Můžeme měřit v jakýchkoliv klimatických podmínkách, protože měření samotné probíhá v ustálených podmínkách – v „těle“ přístroje. [17]



Obr. 22: Schéma přístroje Permetest [17]

Měření výparného odporu a paropropustnosti

Při měření výparného odporu a paropropustnosti je měřicí hlavice udržována na teplotě okolního vzduchu a to díky elektrické topné spirále, regulátoru a vzduchu, který je nasáván a vzduchovým kanálem přiváděn k měřené textilií. Tato teplota je z pravidla v rozmezí 20 – 23°C. Tímto jsou zajištěny izotermické podmínky měření. Povrch hlavice je porézní a je zvlhčován, aby bylo docíleno simulace lidské kůže, tím pádem i ochlazení pocením. Při měření se vlhkost v již zmiňované porézní vrstvě mění v páru, která přes fólii prochází vzorkem. Výparný tepelný tok je měřen speciálním snímačem a jeho hodnota je přímousměrná paropropustnosti textilie nebo přímo úměrná jejímu výparnému odporu. V obou případech se nejprve měří tepelný tok bez vzorku a poté znovu se vzorkem. Přístroj zaznamenává tepelný tok q_o a q_v . Při samotném výpočtu se vychází z hodnoty tepelného toku q_o , který se odpařuje z nezakryté – volné vodní hladiny o stejném průměru jako má měřený vzorek. Tepelný tok q_o představuje 100% propustnost. Po zakrytí vodní hladiny vzorkem se tepelný tok sníží na hodnotu q_v . [17]

Stanovení relativní propustnosti pro vodní páry definuje vztah

$$P = \frac{q_v}{q_o} \cdot 100[\%], \quad (5.1)$$

kde q_v udává plošnou hustotu tepelného toku, která prochází měřicí hlavici nezakrytou měřeným vzorkem [W/m^2], q_o je plošná hustota tepelného toku procházející měřicí hlavici zakrytou zkoušeným vzorkem [W/m^2] a P charakterizuje relativní propustnost pro vodní páry [%]. [17]

Výpočet výparného odporu definuje vztah

$$R_{et} = (p_m - p_a) \cdot (q_v^{-1} - q_o^{-1})[\text{m}^2 \cdot \text{Pa/W}], \quad (5.2)$$

kde R_{et} je výparný odpor zkoušeného vzorku [$\text{m}^2 \cdot \text{Pa/W}$], p_m – nasyceny parciální tlak vodní páry na povrchu měřicí hlavice [Pa] a p_o udává parciální tlak vodní páry ve vzduchu ve zkušebním prostoru [Pa]. [17]

Kalibrace přístroje se zajišťuje pomocí tzv. referenční textilie, je to textilie z hydrofobní POP příze. Konstrukce textilie, dostava a plošná hmotnost jsou dány českou normou. Měření se provede s touto textilií a následně se zkalibruje. [17]

Měření tepelného odporu textilie

Tepelný odpor R_{ct} lze měřit podobným způsobem jako výparný odpor a paropropustnost. Měření probíhá za sucha, hlavice měřicího přístroje je tedy udržována v suchu při teplotě o 10 – 20°C vyšší, než je teplota okolního vzduchu. Opět je snímán tepelný tok odváděný konvekcí od vzorku do okolí. Takto stanovená hodnota R_{ct} textilie je pouze přibližná, protože se zde odečítá hodnota tepelného odporu platíci pro hladký povrch. Povrch skutečných textilií tomu tedy neodpovídá – je drsný. Přesto se tento postup v Evropě používá, tomuto náleží norma ISO 11092. [17]

Výpočet tepelného odporu charakterizuje vztah

$$R_{ct} = (t_m - t_a) \cdot (q_v^{-1} - q_o^{-1}) \left[m^2 \cdot \frac{K}{W} \right], \quad (5.3)$$

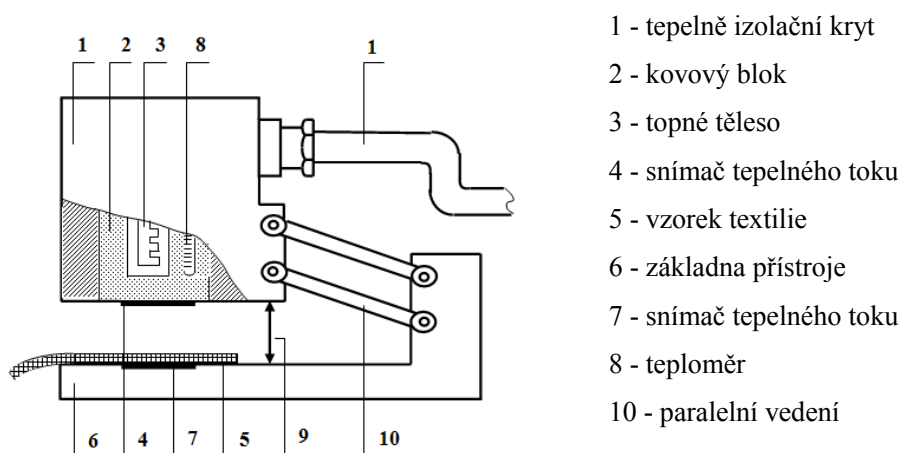
kde R_{ct} udává tepelný odpor zkoušeného vzorku [$m^2 \cdot K/W$], t_m je teplota povrchu měřicí hlavice [°C] a t_o udává teplotu vzduchu proudícího kanálem podél měřicí hlavice [°C]. [17]

5.2 Alambeta

Přístroj byl vyroben Hesem a Doležalem pro měření termofyzikálních parametrů textilií, a to jak v ohledu na tepelně - izolační vlastnosti: tepelný odpor, tepelná vodivost, tak i na dynamické vlastnosti: tepelná jímavost, tepelný tok. Je to poloautomatický, počítačem řízený přístroj, zároveň je schopen měřit a vyhodnocovat statistické hodnoty naměřených údajů. Rovněž obsahuje autodiagnostický program, který zabraňuje chybným operacím přístroje. Stručné schéma je na obr. 23. [17]

Proces měření trvá méně než 5min. U tohoto přístroje je využito impulsní okrajové podmínky 1. druhu – dané konstantní teplotou kontaktní měřicí plochy a to 35°C, která odpovídá konstantní teplotě lidské pokožky. Ta si i po kontaktu s textilií, díky průtoku krve, tuto teplotu zachovává. Tato metoda měření je nedestruktivní avšak nejmenší možný měřený vzorek musí být o rozměrech 10cm x 10cm. Pro dosažení co nejpřesnějšího měření je nutné vkládat vzorky bez přehybů, zvlnění či nečistot. Měřená místa se musí rozmístit tak, aby nedocházelo k opětovnému měření zahřátých míst, nebo se musí vyčkat na úplné vychladnutí vzorku. Ovzduší pro klimatizování

vzorků musí odpovídat normě ČSN EN 20139. Zjišťování stupně vlhkostní jímavosti textilií se řídí interní normou č. 23-303-01/01. [17, 21]



Obr. 23: Schéma přístroje Alambeta [17]

Definice měřených parametrů na přístroji Alambeta:

h - tloušťka materiálu [mm]

λ - měrná tepelná vodivost [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$], definuje množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1 K, s rostoucí teplotou teplotní vodivost klesá. Hodnota uvedená tímto přístrojem se musí dělit 10^3 .

r - plošný odpor vedení tepla [$\text{W}^{-1} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^2$], je to poměrem tloušťky materiálu - h a měrné tepelné vodivosti - λ , čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor. Hodnota uvedená přístrojem se musí dělit 10^3 .

$$r = \frac{h}{\lambda} [\text{W}^{-1} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^2], \quad (5.4)$$

q - tepelný tok [W/m^2], množství tepla šířící se z ruky – hlavice přístroje o teplotě t_2 do textilie o počáteční teplotě t_1 za jednotku času.

$$q = b \cdot \frac{t_2 - t_1}{\sqrt{\pi \cdot \tau}} [\text{W}/\text{m}^2], \quad (5.5)$$

a je měrná teplotní vodivost [m^2s^{-1}] je schopnost látky vyrovnávat teplotní změny, čím je hodnota vyšší, tím látka rychleji vyrovnává teplotu, hodnota uvedená přístrojem se musí dělit 10^6 .

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} [\text{m}^2/\text{s}], \quad (5.6)$$

b značí tepelná jímavost [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{1/2} \text{K}^{-1}$], je to jediný parametr, jež charakterizuje tepelný omak a představuje množství tepla, které proteče při rozdílu teplot 1 K jednotkou plochy za jednotku času v důsledku akumulace tepla v jednotkovém objemu, p značí poměr maximálního a ustáleného tepelného toku.

$$b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{1/2} \text{K}^{-1}]. [17, 21] \quad (5.7)$$

p je poměr maximálního tepelného toku q_{\max} [W/m^2] a ustáleného tepelného toku q_s [W/m^2]

$$p = \frac{q_{\max}}{q_s} \quad (5.8)$$

5.3 Klimatizační komora Vötsch VC 0018

Klimatizační komora funguje na bázi cirkulace vzduchu a vlhkosti. Vzduch je nasáván do vzduchového kanálu a pomocí větráku rozproušen ve vnitřním prostoru. Vnitřní prostor obsahuje čidla pro měření teploty a vlhkosti. Zkušební prostor je zajištěn dveřmi se zamykatelným uzávěrem. Ve spodní části se nachází vodní nádrž na zvlhčovací vodu a vodu psychrometru. Hladina vody je kontrolována a automaticky doplňována. Ovládací jednotka – touchpanel, slouží k ovládání komory. Díky němu se spouští/zastavuje program, nastavuje vlhkost i teplota, vidíme zde i průběh změny teploty a vlhkosti, při otevření dveří ztrátu hodnot. Pokud nastane nějaká chyba, touchpanel nás na ni upozorní. Klimatizační zkušební skříň má objem 190l, teplotní rozsah -10 až 90°C , rozsah vlhkosti je 10 – 98%. [56]



Obr. 24: Klimatizační komora Vötsch VC 0018 [11]

5.4 Klimatizování vzorků

Klimatické podmínky pro zkoušení textilií, jsou pokaždé předepsány normou.

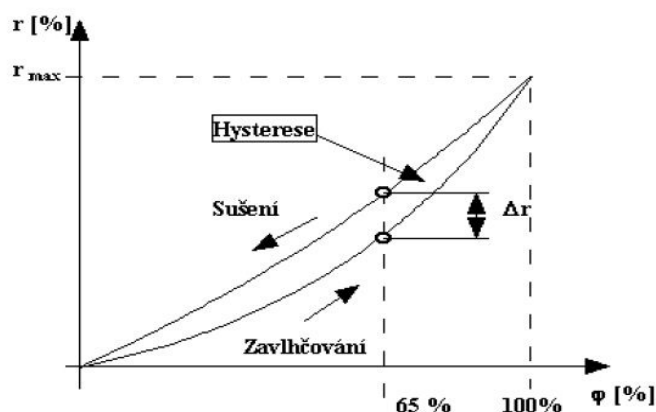
V základu jsou definovány:

- Teplota vzduchu: $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Vlhkost vzduchu: $65 \pm 2 \%$

Vlastnosti textilních vláken a textilií se mění podle toho, jaká je jejich vlhkost. Textilní vlákna mají sorpční vlastnosti tzn. že, jsou schopna přijímat ze vzduchu či lidského těla vlhkost, plyny, chemikálie, atd. Vlákna mohou přijímat vodu - vodní páru, ze vzduchu a do vzduchu ji také odevzdávat. Zpravidla se toto zavlhčování nebo sušení děje při konstantní teplotě. Obsah vody ve vzduchu je dán parciálním tlakem vodních par, tento tlak způsobuje, že vodní pára buď proniká tam, kde je parciální tlak vodních par menší (tj. do suchého vlákna), nebo se z vlhkého vlákna uvolňuje a odchází do suchého vzduchu tak, aby byl parciální tlak vodních par vyrovnán. [27]

Při uvolňování vody z vlákna do vzduchu dochází ke zpoždění, protože je potřebné přemoci síly, které vodu ve vláknech váží. Toto zpoždění způsobuje, že křivky nejsou totožné a vymezují mezi sebou plochu, která se nazývá hystereze. Tato plocha je obrazem disipové energie – tj. energie která se přemění v energii tepelnou

(v tomto případě). Jev je popisován průběhem závislosti relativní vlhkosti vlákna r na relativní vlhkosti vzduchu φ . Tato závislost se nazývá sorpční izoterma, protože popisuje vzájemnou výměnu vodních par mezi vlákny a vzduchem při konstantní teplotě, viz obr. 25. [27]



Obr. 25: Sorpční izoterma [27]

Podle normy je stanoveno, že pro zavlhčování je za směrodatný určen spodní bod na sorpční izotermě. Z toho vycházejí normy na stanovení uzanční obchodní vlhkosti textilních materiálů. Znamená to, že vlákna/vzorky o neznámé vlhkosti se klimatizují při předepsané vlhkosti vzduchu. Vlákna se nejprve předsuší při teplotě 50°C po dobu alespoň jedné hodiny, vlhkost se pohybuje v rozmezí 10 – 25%. Pak se klimatizují při předepsaných klimatických podmínkách 12 – 24 hodin. [27]

Dodržení klimatických podmínek pro zkoušení vlastností se může dodržet těmito způsoby:

- klimatizováním celé laboratoře – tento způsob je náročný na energii a ovzduší pro pracovníky laboratoře nepatří mezi ideální. Klimatizace celé laboratoře se proto provádí pouze u certifikovaných laboratoří. Převážná většina všech laboratoří klimatizována není a klimatizace vzorků se zajišťuje druhým způsobem.
- klimatizační skřínky - v této skřínce, která má malý prostor ke klimatizaci se v předepsaném ovzduší (nastavitelném) uchovávají vzorky, které se vyndají ven jen na krátký čas potřebný k provedení zkoušek. [27]

6 Funkční textilie

Funkční textilie – termoprádlo má velice specifické vlastnosti. Prvním specifikem je odvod vlhkosti od pokožky a termoregulační vlastnosti. Zpravidla je toto prádlo vyrobeno ze syntetických materiálů, které jsou minimálně navlhavé a rychle schnou – mají schopnost co nejrychleji odpařit vlhkost z povrchu vlákna. Během aktivního pohybu nebo při vyšších teplotách mají schopnost odvádět přebytečné teplo od pokožky a to ve formě potu. [17]

Přírodní vlákno – např. bavlněné vlhkost nasákne a vlákno nabobtná a tím se přeruší cirkulace vzduchu, prádlo se přilepí na pokožku, čímž vzniká diskomfortní pocit. To může vést k přehřátí nebo k podchlazení těla. Syntetická vlákna a jejich speciální tvar zlepšují odvod vlhkosti od pokožky a zrychlují odpařování vlhkosti z povrchu textilie. Toto přispívá k ideální termoregulaci, komfortnímu pocitu sucha a člověk je schopen dosahovat vyšších výkonů. [17]

6.1 Vrstvení materiálu

Vrstvení termoprádla se podle některých zdrojů doporučuje rozdělit do tří nebo do pěti skupin. Podstata je ale stejná – člověk si reguluje tělesnou teplotu svlékáním nebo oblékáním jednotlivých vrstev. Další výhodou je, že ve vícevrstevním oděvu je uzavřeno více vzduchu, ve vzduchové mezeře pak nedochází k volné konvekci, a to přispívá k tepelnému odporu oděvu. [16, 17]

Hlavním a nejdůležitějším úkolem vrstvení je koordinace a transport tepla a vlhkosti od těla. Zabráni se tím vzniku nepříjemných vjemů – pocitů a vzniku diskomfortu (pocit chladu či vlhka). Těmto pocitům se snažíme předcházet. Proto musíme prádlo správně vrstvit. Každá z vrstev musí odvádět vlhkost od pokožky. Spodní vrstva musí přiléhat na tělo, další vrstva zajišťuje tepelnou izolaci a také odvod vlhkosti od první vrstvy do okolí. Nejvhodnějším materiálem pro tzv. druhou vrstvu je lehký a teplý materiál, který slouží jako izolační vrstva a zároveň rychle schne. Třetí vrstva slouží jako ochrana před nepříznivými vlivy počasí, odvádí vlhkost od spodní vrstvy či chrání před UV zářením. [16, 17, 35]

Vrstvení oblečení:

- **Spodní prádlo**

Poskytuje člověku tepelně – kontaktní komfort a to tím, že odvádí vlhkost od těla a tím pádem udržuje pokožku v suchu. Nevhodným materiálem je bavlna nebo viskóza či jakékoliv jiné přírodní materiály, protože tyto materiály mají vysokou sorpční schopnost. Prádlo po navlhnutí schne pomalu a vytváří pocit chladu – diskomfort. Vhodné je použití hydrofobních syntetických vláken (polypropylen, polyester)

- **Druhá spodní vrstva**

Také musí odvádět vlhkost od pokožky, ale má i funkci módní – je kladen důraz na vzhled nositele. Tato vrstva by měla mít podobné vlastnosti jako 1. vrstva. Např.: trička, tílka, atd.

- **Tepelně-izolační vrstva**

Zajišťuje tepelnou izolaci – např.: svetry, vesty, mikiny.

- **Svrchní vrstva**

Hlavním úkolem této vrstvy je chránit uživatele před deštěm a větrem a má umožňovat přenos plynné vlhkosti od těla ven.

- **Vrstva do extrémních podmínek**

Uživatele tato vrstva chrání před extrémními podmínkami v podobě větru, deště, sněhu. Využívají se materiály s membránami či zátěrem, které popouští vlhkost ve formě vodní páry směrem od těla a zároveň nepropouští kapalnou vlhkost směrem k nositeli.

- **Doplňky**

Doplňky jsou části oblečení, které zakrývají malé části těla, ale jsou velice významné. Jsou to: čepice, rukavice, šály, kukly, šátky, ponožky, podkolenky.

- **Obuv**

Nedílnou součástí oblečení tvoří obuv, ať již lehká z textilních materiálů, kožená, či membránová. Vhodně zvolená obuv zajistí ochranu před ztrátami tepla vedením.
[16,17]

Tyto vrstvy můžeme převést do již zmiňovaných tří základních skupin, které již byly popsány:



1. vrstva: transportní - termo prádlo a ponožky ⇒ mikroklima - odvádí pot od pokožky

2. vrstva: izolační - zimní termo prádlo nebo mikina z materiálu fleece ⇒ izolace - udržuje tělesnou teplotu

3. vrstva: ochranná - svrchní oblečení (bunda z paropropustného materiálu) ⇒ ochrana proti vnějším vlivům

Obr. 26: Schéma systému funkčního oblečení [35]

6.2 Rozdělení termoprádla

Termoprádlo se dá rozdělit do různých skupin či do různých kategorií, toto se nazývá oděvní systém. Je to ochranný systém, ve kterém dochází k prostupu tepla a vlhkosti, termoprádlo má za účel vlhkost co nejrychleji odvést od pokožky a tím docílit pocitu sucha za co nejkratší dobu. Pocit vlhkosti je totiž diskomfortním, tudíž nežádoucím jevem. Prostup tepla a vlhkosti závisí na konstrukci, střihu, použitém materiálu, atd. Oděv pak napomáhá k termoregulaci organismu. Již zmíněný oděv vytváří oděvní systém, který se skládá z několika vrstev a mezivrstev. Každá z vrstev je složena z vrstvy textilie, volného vzduchu a z vrstvy vzduchu uzavřeného v textilií. Všechny tyto vrstvy ovlivňují jedna druhou navzájem, proto nemůžeme brát každou zvlášť v potaz a to nejen při měření. [16, 17]

Základní rozdělení oděvů je podle pohlaví: termoprádlo pro ženy a termoprádlo pro muže a rozdělení podle období: zimní a letní. Podle období se prádlo rozděluje na jednovrstvé a dvouvrstvé či podle využití: sport, turistika, práce, nebo jen na „běžné“ nošení například při tuhých mrazech. [17]

Dalším aspektem je rozdělení podle odvodu vlhkosti, a podle tepelné izolace. [17]

7 Klimatické podmínky v ČR

Nedílným faktorem při volbě oblečení jsou klimatické podmínky. Světové klima je rozděleno do 9 oblastí a to podle normy ČSN IEC 721-2-1. Přejít z jednoho klimatu do druhého je plynulý a není ostře ohraničen. Česká republika leží ve střední oblasti částečně v chladném a částečně v mírném klimatu. Je nutné počítat s faktory jako je vliv síly větru na zesilování vlivu záporných teplot na lidský organismus – tj. snížení okolní teploty působením proudění vzduchu. [17]

Podnebí ČR je mírné a přechodné mezi oceánským a kontinentálním. V průběhu roku velmi rozmanité. V různých oblastech se podnebí navzájem výrazně liší a hlavním zdrojem těchto rozdílů je nadmořská výška. Ta ovlivňuje i průměrnou teplotu vzduchu a roční úhrny srážek. S nadmořskou výškou stoupá průměrný roční úhrn srážek a klesá průměrná teplota vzduchu. Nejchladnějším měsícem v roce je leden, nejteplejším měsícem je červenec, ale je též měsícem nejdeštivějším, tudíž je v tu dobu v ČR větší vlhkost. Druhým měsícem s největším úhrnem srážek je červen. Zářij je klasifikován jako první z podzimních měsíců, počasí je relativně teplé a zároveň sušší než červenec. Charakteristickým znakem klimatu je pravidelné střídání ročních období. Množství srážek stoupá s nadmořskou výškou a zároveň je ovlivňováno i polohou místa. Strážky přináší vlhké proudění oceánského vzduchu ze západních směrů, proto jsou místa ležící na západní straně sušší než náhorní strany pohoří. Průměrná relativní vlhkost vzduchu činí 60 – 80%. Rozdíly mezi průměrnými teplotami a ročními úhrny srážek z let 2001, 2005 a 2010 v ČR jsou uvedeny v příloze 1. [7, 8, 9, 10]

Pro výběr vhodného ošacení a správného vrstvení je důležité brát v potaz právě klimatické podmínky, do kterých je oděv určen.

Dle zdroje [54] se izolace oblečení vyjadřuje jednotkou clo. 1 clo představuje tepelnou izolaci muže oblečeného v obleku. Pro nahého člověka je clo = 0. Pro přesnější představu se $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. U letního oblečení se clo pohybuje od 0,1 do 0,5, klasické oblečení (ne zimní) má hodnotu 1 až 1,7 clo a zimní se pohybuje v rozmezí 1,8 až 3,5. Proto je tato práce zaměřena na 2 vrstvy oblečení – tedy oblečení od jara do podzimu, které je určeno klimatickými podmínkami. Tyto vrstvy jsou lehké a nepotřebují mít vysokou izolační schopnost jako oblečení pro zimní období.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V této diplomové práci byly použity materiály od firem Singtex, Advansa a Zhong Zhou Textiles a Rhi Jan Fibre Industrial. Vzorky byly rozděleny do dvou funkčních vrstev. Materiály v kategorii první vrstva jsou charakteristické pro výrobu oblečení spadající do první vrstvy v systému oblečení. V kategorii druhá vrstva byly použity vzorky s dobrými termoizolačními vlastnostmi. V předešlých kapitolách byly popsány jednotlivé druhy vláken a speciální úpravy.

8 Měření vzorky

Jak již bylo zmíněno v úvodu experimentální části, vzorky byly rozděleny do dvou kategorií podle vrstvení ošacení. V této kapitole jsou vzorky charakterizovány podle materiálového složení, plošné hmotnosti, výrobce, podle druhu pleteniny – základní charakteristika pleteniny a podle celkové hustoty pleteniny, která byla spočítána vynásobením počtu sloupků s počtem řádků na 1 cm. Podle zdroje [28] je tento vztah charakterizován takto

$$H_c = H_s \cdot H_R [\text{cm}^{-2}], \quad (8.1)$$

kde H_c je celková hustota pleteniny, H_s je hustota sloupku a H_R udává hustotu řádku. Měřítka nafocených textilií je 1:10.

Doplňující výpočty k provedeným měření:

IS – Interval spolehlivosti

Je to interval, ve kterém se bude, s danou pravděpodobností $P = (1-\alpha)$, nacházet skutečná hodnota daného parametru. Je ohraničen horní hranicí intervalu L_H a dolní hranicí intervalu L_D . $100 \cdot (1-\alpha)\%$, kde $\alpha = 0,05$ tzn. 95% nebo $\alpha = 0,0$ tzn. 91% interval spolehlivosti, v našem případě jsme použili 95% interval spolehlivosti, α je hladina významnosti. V tomto případě použijeme metodu malého výběru $n \leq 30$. Vyjadřuje ho vztah

$$L_{D,H} = \bar{X} \pm t_{1-\alpha/2}(n-1) \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (8.2)$$

kde \bar{X} je průměrná hodnota, $t_{1-\alpha/2}$ je kvantil vypočítaný podle Studentova rozdělení, σ je směrodatná odchylka a n je počet členů. [27, 34]

Směrodatná odchylka - σ

Určuje míru rozptylu od střední hodnoty, neboli značí míru variability.

Variační koeficient – CV

Vyjadřuje ho podíl směrodatné odchylky a střední hodnoty – tj. průměrná hodnota vynásobené stem. [27]

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100[\%]. \quad (8.3)$$

8.1 První vrstva

První vrstva je ta, která je v přímém kontaktu s lidskou pokožkou. Tyto textilie musí odvádět co nejefektivněji vlhkost od pokožky, aby splňovali požadovanou funkčnost. Vlhkost v podobě vlhké páry či potu je transportována do „druhé vrstvy“.

1. vzorek

Materiálové složení: 47% PES 53% nylon

Plošná hmotnost: $122 \text{ g/m}^2 \pm 5\%$

Výrobce: Singtex

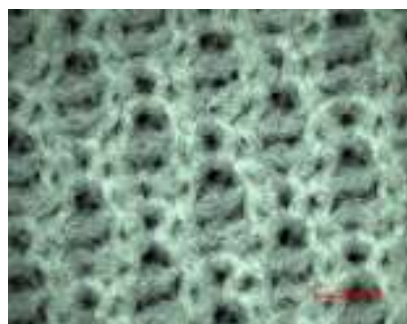
Pletenina: zátažná jednolící

$H_c = 144/\text{cm}^2$

Lící strana



Rubní strana



Obr. 27: Vzorek 1

2. vzorek

Materiálové složení: 50% nylon 50% PES

Plošná hmotnost: $115 \text{ g/m}^2 \pm 5\%$

Výrobce: Singtex

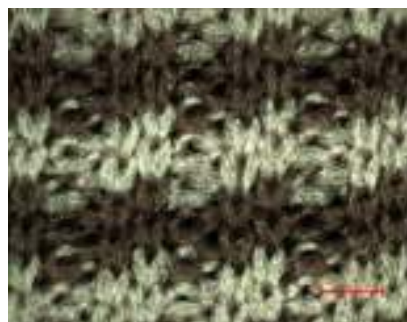
Pletenina: interloková vazba, efekt dvou barevných přízí

$H_c = 180 \text{ cm}^2$

Lící strana



Rubní strana



Obr. 28: Vzorek 2

3. vzorek

Materiálové složení: 52% nylon 48% PES

Plošná hmotnost: $194 \text{ g/m}^2 \pm 5\%$

Výrobce: Singtex

Pletenina: interloková vazba, interloková vazba, efekt dvou barevných přízí

$H_c = 200 \text{ cm}^2$

Lící strana



Rubní strana



Obr. 29: Vzorek 3

4. vzorek

Materiálové složení: 75% recykl. PES 25 % s. Cafe PES

Plošná hmotnost: $173 \text{ g/m}^2 \pm 5 \%$

Výrobce: Singtex

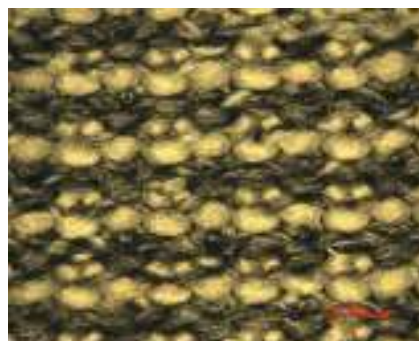
Pletenina: zátažná jednolící, efekt dvou barevných přízí

$H_c = 126 \text{ cm}^2$

Lící strana



Rubní strana



Obr. 30: Vzorek 4

5. vzorek

Materiálové složení: 79% PES 21% s. Cafe PES

Plošná hmotnost: $194 \text{ g/m}^2 \pm 5\%$

Výrobce: Singtex

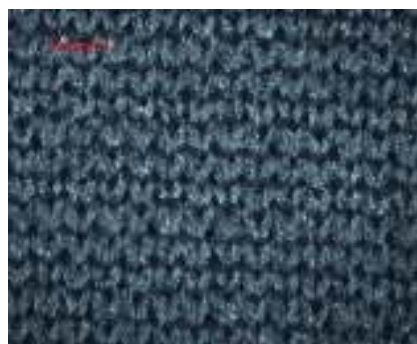
Pletenina: Interloková vazba s efektem dvou barevných přízí

$H_c = 264 \text{ cm}^2$

Lící strana



Rubní strana



Obr. 31: Vzorek 5

6. vzorek

Materiálové složení: 100% PES

Plošná hmotnost: 130 g/m²

Výrobce: Zhong Zhou Textiles

Pletenina: zátažná obouliční pletenina, pouze na jedné straně použitý efektní materiál

H_c = 200 cm²

Lící strana



Rubní strana



Obr. 32: Vzorek 6

7. vzorek

Materiálové složení: 93% PES Coolmax, 7% PA

Plošná hmotnost: 120 g/m²

Výrobce: Advansa

Pletenina: interloková vazba, efekt vzniklý použitím slabší a silnější příze

H_c = 144 cm²

Lící strana



Rubní strana



Obr. 33: Vzorek 7

8. vzorek

Materiálové složení: 55% PES Coolmax, 45% PES Coolmax

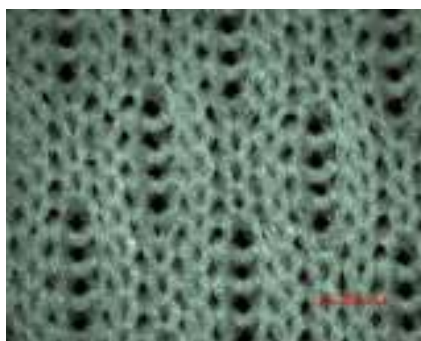
Plošná hmotnost: 140 g/m²

Výrobce: Advansa

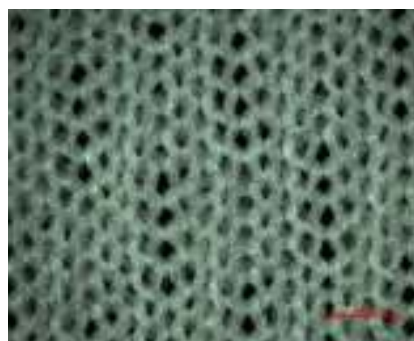
Pletenina: interloková vazba, efekt vzniklý použitím slabší a silnější příze

H_c = 180 cm²

Lící strana



Rubní strana



Obr. 34: Vzorek 8

9. vzorek

Materiálové složení: 83,3% PES Coolmax 16,7% PES Coolmax

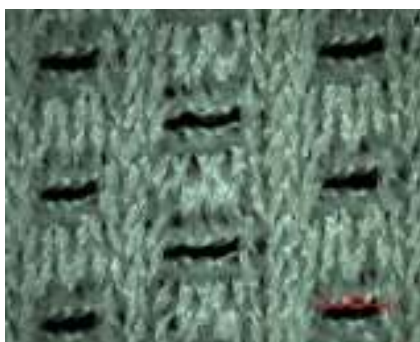
Plošná hmotnost: 140 g/m²

Výrobce: Advansa

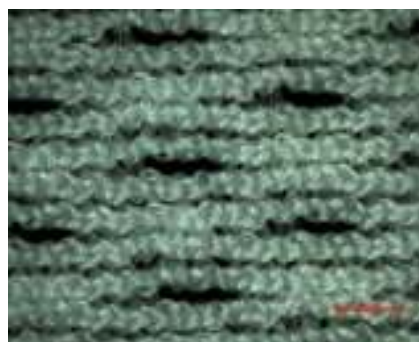
Pletenina: interloková vazba, efekt vzniklý použitím slabší a silnější příze

H_c = 220 cm²

Lící strana



Rubní strana



Obr. 35: Vzorek 9

10. vzorek

Materiálové složení: 92% Thermo-Cool , 8% EA Thermo- Cool

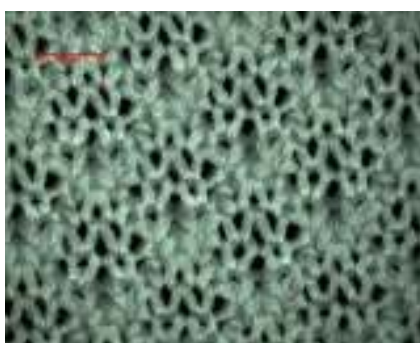
Plošná hmotnost: 150 g/m²

Výrobce: Advansa

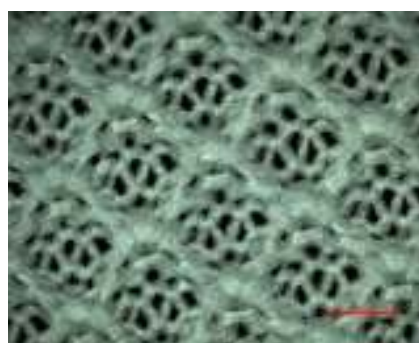
Pletenina: interloková vazba, efekt vzniklý použitím slabší a silnější příze

H_c = 180 cm²

Lící strana



Rubní strana



Obr. 36: Vzorek 10

11. vzorek

Materiálové složení: 94% PES, 6% Ela

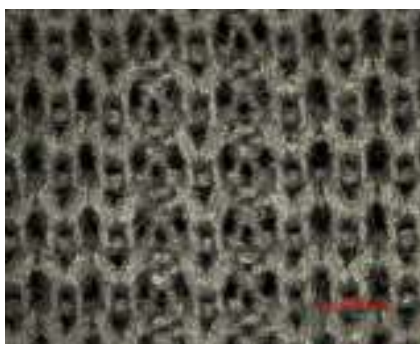
Plošná hmotnost: 190 g/m²

Výrobce: Advansa

Pletenina: interloková vazba

H_c = 98 cm²

Lící strana



Rubní strana



Obr. 37: Vzorek 11

12. vzorek

Materiálové složení: 100% PES Thermo- Cool

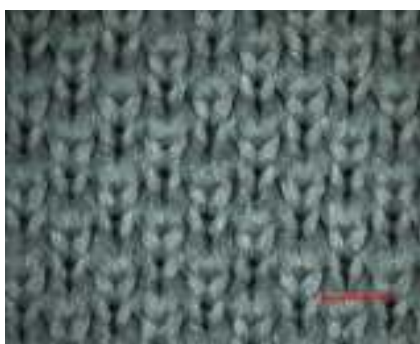
Plošná hmotnost: 182 g/m^2

Výrobce: Advansa

Pletenina: interloková vazba

$H_c = 140 \text{ cm}^2$

Lící strana



Rubní strana



Obr. 38: Vzorek 12

13. vzorek

Materiálové složení: 100% nylon

Plošná hmotnost: $51 \text{ g/m}^2 \pm 5\%$

Výrobce: Singtex

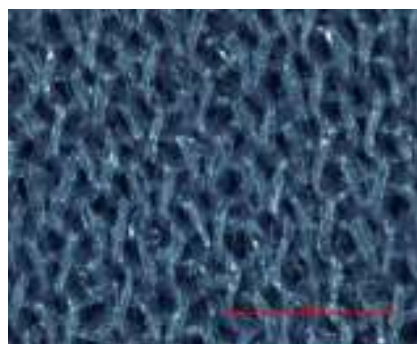
Pletenina: interloková vazba

$H_c = 96 \text{ cm}^2$

Lící strana



Rubní strana



Obr. 39: Vzorek 13

14. vzorek

Materiálové složení: 100% PES

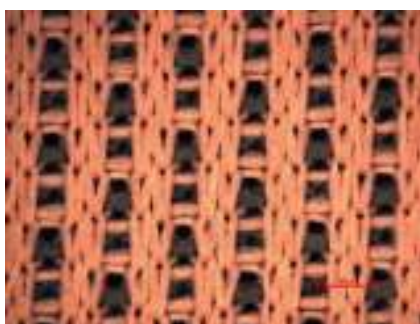
Plošná hmotnost: 118 g/m²

Výrobce: Rhi Jan Fibre Industrial

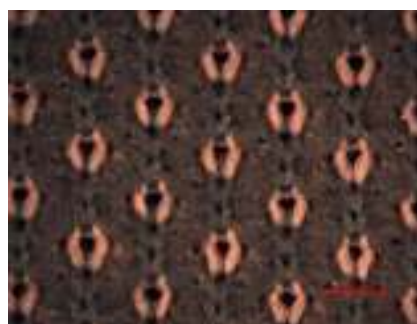
Pletenina: interloková vazba s efektem dvou barevných přízí

H_c = 84 cm²

Lící strana



Rubní strana



Obr. 40: Vzorek 14

8.2 Druhá vrstva

Aby tento oděvní systém byl plně funkční, musí i druhá vrstva efektivně odvádět vlhkost od těla. Tato vrstva musí také splňovat podmínku rychlého transportu vlhkosti od těla, resp. od první vrstvy oděvního systému dál na povrch.

15. vzorek

Materiálové složení: 55% PES, 45% S.Cafe PES

Plošná hmotnost: $264 \text{ g/m}^2 \pm 5\%$

Výrobce: Singtex

Pletenina: interloková vazba s dvou vrstevným plyšovým efektem

$H_c = 162 \text{ cm}^2$

Lící strana



Rubní strana



Obr. 41: Vzorek 15

16. vzorek

Materiálové složení: 100% PES

Plošná hmotnost: $195 \text{ g/m}^2 \pm 5\%$

Výrobce: Singtex

Pletenina: interloková vazba, vazba s plyšovým efektem

$H_c = 72 \text{ cm}^2$

Lící strana



Rubní strana



Obr. 42: Vzorek 16

17. vzorek

Materiálové složení: 36% PES Thermolite 53% PA, 11% EA Thermolite

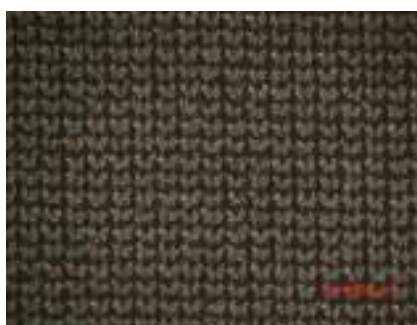
Plošná hmotnost: 290 g/m²

Výrobce: Advansa

Pletenina: interloková vazba s dvou vrstevným plyšovým efektem

H_c = 416 cm²

Lící strana



Rubní strana



Obr. 43: Vzorek 17

18. vzorek

Materiálové složení: 50 % PES Recykl. 42% PES, 8% spandex

Plošná hmotnost: 328 g/m²

Výrobce: Singtex

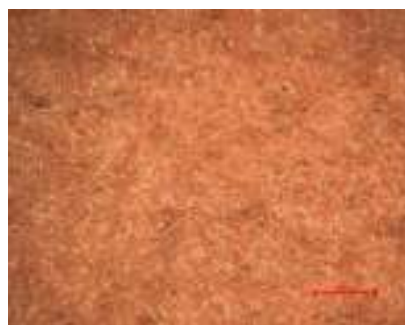
Pletenina: interloková vazba s dvou vrstevným plyšovým efektem

H_c = 132 cm²

Lící strana



Rubní strana



Obr. 44: Vzorek 18

19. vzorek

Materiálové složení: 89% PES, 11% spandex

Plošná hmotnost: 270 g/m² ± 5%

Výrobce: Singtex

Pletenina: interloková vazba s dvou vrstevným plyšovým efektem

$H_c = 142 \text{ cm}^2$

Lící strana



Rubní strana



Obr. 45: Vzorek 19

20. vzorek

Materiálové složení: 63 % PES, 37 % S. Cafe PES

Plošná hmotnost: $145 \text{ g/m}^2 \pm 5\%$

Výrobce: Singtex

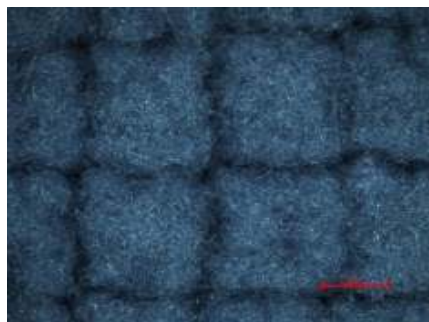
Pletenina: interloková vazba s dvou vrstevným plyšovým efektem

$H_c = 144 \text{ cm}^2$

Lící strana



Rubní strana



Obr. 46: Vzorek 20

21. vzorek

Materiálové složení: 100% PES

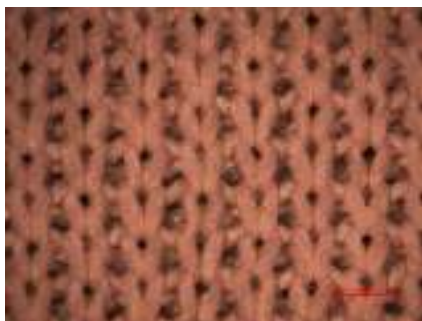
Plošná hmotnost: 290 g/m^2

Výrobce: Rih Jan Fibre Industrial

Pletenina: interloková vazba s počesaným mikroplyšem

$$H_c = 72 \text{ cm}^2$$

Lící strana



Rubní strana



Obr. 47: Vzorek 21

22. vzorek

Materiálové složení: 54% Nylon, 40% Modal, 6% Elastan

Plošná hmotnost: 347 g/m²

Výrobce: Singtex

Pletenina: interloková vazba

$$H_c = 208 \text{ cm}^2$$

Lící strana



Rubní strana



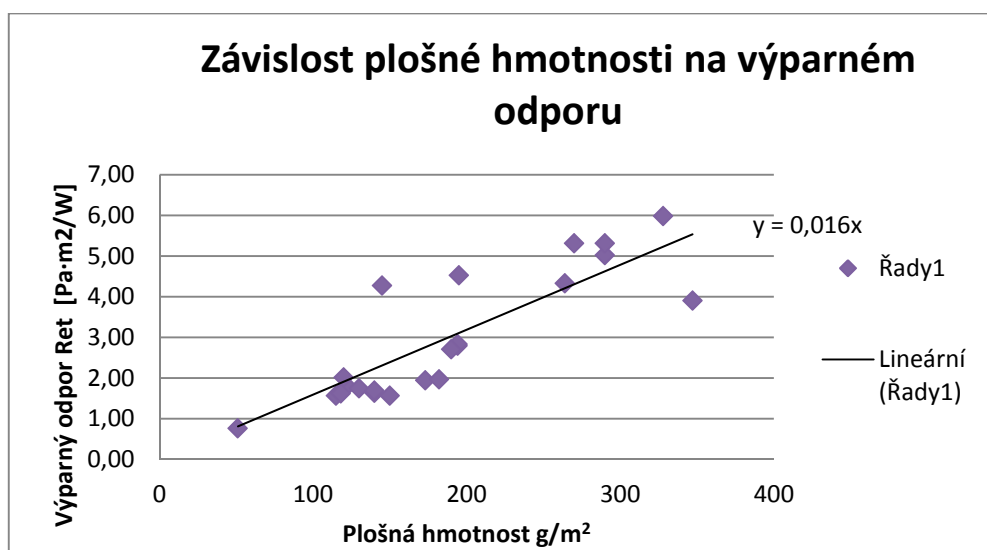
Obr. 48: Vzorek 22

9 Měření výparného odporu

Všechna měření na Permetestu byla provedena v laboratoři za standardních podmínek: $\phi = 41\%$ a $t = 23^\circ\text{C}$. Každý vzorek byl 10x měřen na různých částech vzorku. Data byla zaznamenávána do tabulky v programu Microsoft Excel a následně vyhodnocena. Podle průměru z naměřených dat byly vyvozeny závěry.

9.1 Závislost plošné hmotnosti na R_{et}

Výparný odpor byl naměřen na Permetestu, za standardních podmínek. Z grafu na obr. 49 je patrná lineární závislost mezi měřenými daty. Nejlepší naměřený výparný odpor v závislosti na plošné hmotnosti z první vrstvy měl vzorek č. 13, je to materiál velice lehký, ale zároveň nepraktický. Dalším v pořadí je vzorek č. 2 kdy jeho plošná hmotnost je 115g/m^2 , což je zároveň druhý nejlehčí vzorek a má zároveň nejlepší parametry v rámci posuzování výparného odporu. Stejný výparný odpor byl naměřen u vzorku č. 10, ale jeho plošná hmotnost byla vyšší než u vzorku č. 2. Z druhé oděvní vrstvy měl nejlepší hodnotu naměřeného výparného odporu vzorek č. 22, kdy i materiálové složení se lišilo od ostatních vzorků. U dalších vzorků byly naměřené podobné hodnoty a dá se říci, že se vzrůstající plošnou hmotností vzrůstal i výparný odpor. V tabulce 3 jsou uvedena základní data, potřebná k výpočtu. Všechna další naměřená data jsou v příloze 2.



Obr. 49: Graf závislosti plošné hmotnosti na výparném odporu

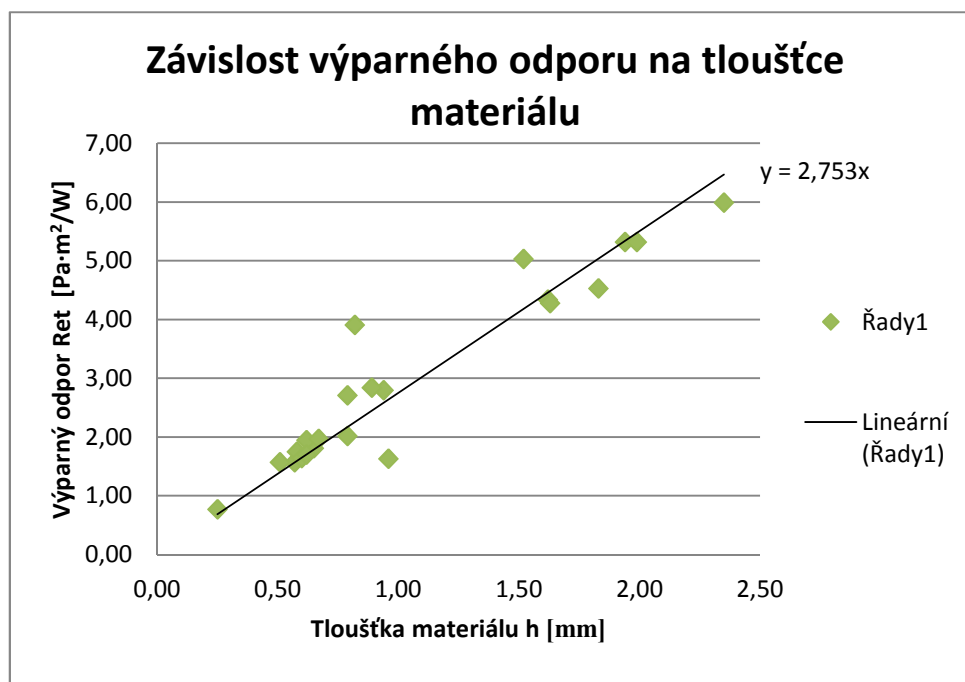
Tab. 3 Závislost plošné hmotnosti na R_{et}

Vzorek č.	g/m^2	R_{et} [Pa·m ² /W]	Směrodatná odchylka	IS	CV [%]
1	122	1,81	0,13	0,09	7,108751
2	115	1,57	0,07	0,05	4,299035
3	194	2,80	0,16	0,12	5,832118
4	173	1,95	0,19	0,14	9,745089
5	194	2,84	0,47	0,34	16,53222
6	130	1,75	0,08	0,06	4,856209
7	120	2,02	0,09	0,07	4,549191
8	140	1,64	0,08	0,06	5,141915
9	140	1,70	0,08	0,06	4,802921
10	150	1,57	0,08	0,06	5,243775
11	190	2,71	0,19	0,13	6,837364
12	182	1,97	0,13	0,09	6,353632
13	51	0,77	0,07	0,05	8,765566
14	118	1,63	0,13	0,09	7,67893
15	264	4,34	0,13	0,10	3,110362
16	195	4,53	0,11	0,08	2,338521
17	290	5,03	0,19	0,14	3,754597
18	328	5,99	0,18	0,13	2,991582
19	270	5,32	0,16	0,12	3,043849
20	145	4,28	0,14	0,10	3,267317
21	290	5,32	0,23	0,17	4,412736
22	347	3,91	0,07	0,05	1,887122

9.2 Změna R_{et} v závislosti na tloušťce materiálu

Z grafu na obrázku 50 je zřejmé, že závislost mezi daty je lineární, hodnota R se blíží číslu jedna, tím pádem je spojnice trendu co nejvíce spolehlivá. Z první vrstvy měl nejlepší hodnoty vzorek č. 13, byl také nejtenčí, ale zároveň praktičnost vzorku byla hledána jako negativní, např. zatrhávání → vytažení nitek z textilie. Dalšími vzorky, s nejlepšími hodnotami jsou č. 2 a 10. Odlišnost v jejich tloušťkách je minimální a vazba pleteniny je v obou případech interloková. Odlišnost je pouze v materiálovém složení, viz kapitola 8.1. I zde můžeme říci, že s vyšší tloušťkou materiálu roste výparný odpor. V tabulce 4 jsou uvedena základní data, potřebná k výpočtu.

Ze vzorků určených pro výrobu druhé vrstvy byl nejlépe vyhodnocen vzorek č. 22, kde se opět potvrzuje, že se snižující se tloušťkou klesá i výparný odpor. Svou roli také hraje materiálové složení, kdy vzorek 22 liší od ostatních vzorků.



Obr. 50: Graf závislosti výparného odporu na tloušťce materiálu

Tab. 4 Změna R_{et} v závislosti na tloušťce materiálu

Vzorek č.	h [mm]	R_{et} [Pa*m ² /W]	Směrodatná odchylka	IS	CV [%]
1	0,65	1,81	0,13	0,09	7,108751
2	0,57	1,57	0,07	0,05	4,299035
3	0,94	2,80	0,16	0,12	5,832118
4	0,62	1,95	0,19	0,14	9,745089
5	0,89	2,84	0,47	0,34	16,53222
6	0,58	1,75	0,08	0,06	4,856209
7	0,79	2,02	0,09	0,07	4,549191
8	0,6	1,64	0,08	0,06	5,141915
9	0,62	1,70	0,08	0,06	4,802921
10	0,51	1,57	0,08	0,06	5,243775
11	0,79	2,71	0,19	0,13	6,837364
12	0,67	1,97	0,13	0,09	6,353632
13	0,25	0,77	0,07	0,05	8,765566
14	0,96	1,63	0,13	0,09	7,67893
15	1,62	4,34	0,13	0,10	3,110362
16	1,83	4,53	0,11	0,08	2,338521
17	1,52	5,03	0,19	0,14	3,754597
18	2,35	5,99	0,18	0,13	2,991582
19	1,94	5,32	0,16	0,12	3,043849
20	1,63	4,28	0,14	0,10	3,267317
21	1,99	5,32	0,23	0,17	4,412736
22	0,82	3,91	0,07	0,05	1,887122

Když budeme brát v úvahu materiálové složení a funkčnost textilie spolu s naměřenými hodnotami výparného odporu v závislosti na plošné hmotnosti a tloušťce materiálu měli nejlepší hodnoty vzorky č.: 2, 10 a 22.

10 Měření rychlosti odparu vlhkosti textilie

Tento způsob měření byl navržen na základě konzultací s panem prof. Hesem. Cílem bylo navrhnout novou metodu zkoušení měření rychlosti odvodu vlhkosti z textilie, která by byla současně efektivní.

Všechna měření byla provedena za standardních podmínek: $\varphi = 41\%$ a $t = 23^\circ\text{C}$. Tento nový druh měření se provádí na přístroji Permetest. „Signál se může definovat jako součinitel odparu z povrchu textilie nebo také konstanta odparu.“ Toto měření bylo prováděno za izotermních podmínek. Spočívá v máčení textilií/vybraných vzorků ve vodě – H_2O s kapkou detergentu a následném měření již zmiňovaného „signálu“. Textilie se vždy vyjme z vody a vysuší na požadovanou hodnotu, v tomto případě to bylo 50% zavlhčení textilie. Ta se zjistila tak, že vzorek o velikosti 12x12 cm byl vysušován v „sušící peci“, která byla nastavena na 110°C , vzorek se sušil tak dlouho, dokud nebyl zcela vysušen. Toto „absolutní vysušení“ nastává, když se textilie několikrát po sobě, vyjme z pece a zváží. Nedojde-li k poklesu váhy vzorku, může být textilie považována za absolutně vysušenou. Po vynásobení této váhy koeficientem 1,5 se získá teoretická hodnota zavlhčení textilie na 50 %.

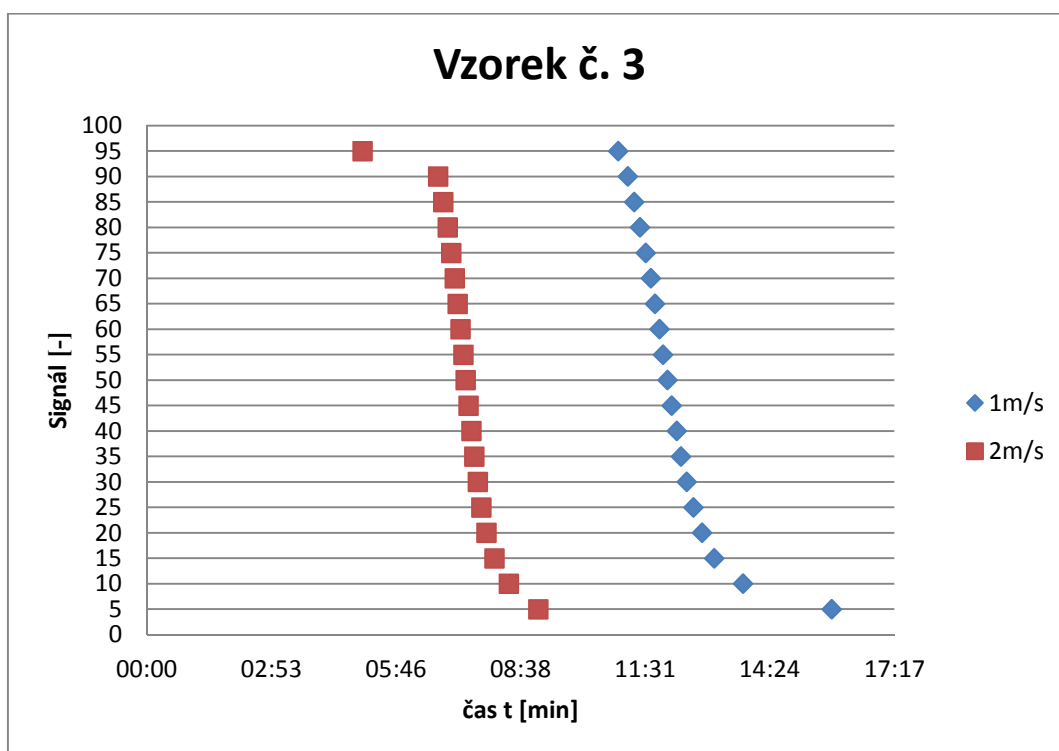
Vzhledem k tomu, že vzorky byly máčeny ve vodě, musí se vysušit mechanicky, a to za využití svého materiálu a tlaku. Vzorek se vždy zváží, tím zjistíme, zdali je dosaženo 50% zavlhčení. Po dosažení této hodnoty se vzorek vloží do vytvořené igelitové kapsičky, která má na vrchu průřez o velikosti 9 cm. Kapsička byla navržena tak, aby nedocházelo k úniku vlhkosti do okolí a byl naměřen „signál“ pouze z měřené plochy. Vzorek v kapsičce se vloží do Permetestu, kde se co nejrychleji ručně nastaví „signál“ na hodnotu 100 ± 2 . V tuto dobu se spouští měření času. „Signál“ zprvu kolísá nahoru a dolů, než se prostředí v přístroji ustálí. Klesání „signálu“ nenastává ihned po ustálení prostředí, ale nejdříve po jedné minutě měření (vztaheno na měřené textilie v tomto experimentu). Hodnota „signálu“ nejprve minimálně kolísá. Vždy když měl „signál“ klesat, ještě předtím prudce vzrostl, a to až na hodnotu 115 a následně začal prudce klesat. Měřený čas byl zaznamenáván od 95 po 5 dílech směrem k nulové hodnotě. Mezi hodnotami „signálu“ 80 – 20 byl časový spád velice rychlý.

První zkouška měření proběhla se vzorky, které byly máčeny doporučenou dobu 4 hodiny. Kvůli prudkému kolísání „signálu“ na začátku měření, což bylo stále probíhající

smáčecí teplo, bylo vyzkoušeno máčení vzorků 24 hodin. Právě toto se projevilo jako efektivní. „Signál“ nekolísal a měřené vzorky byly naměřeny až k hodnotě 5. U prvního způsobu se „signál“ zastavoval již před hodnotou 15.

Díky vytvořené kapsičce sice vlhkost neuniká do okolí, ale naopak, když textilie dosáhne určitého stupně vysušení, následně odvádí vlhkost ze zakrytých míst směrem k otevřenému „průstříhu“ kapsy. Právě toto může zkreslovat měření a je zapotřebí textilií upravit. Tedy nejlépe před měřením oddělit přebývající rohy a efektivně přichytit do kapsy. Vzorek musí být přichycen z důvodu proudícího vzduchu.

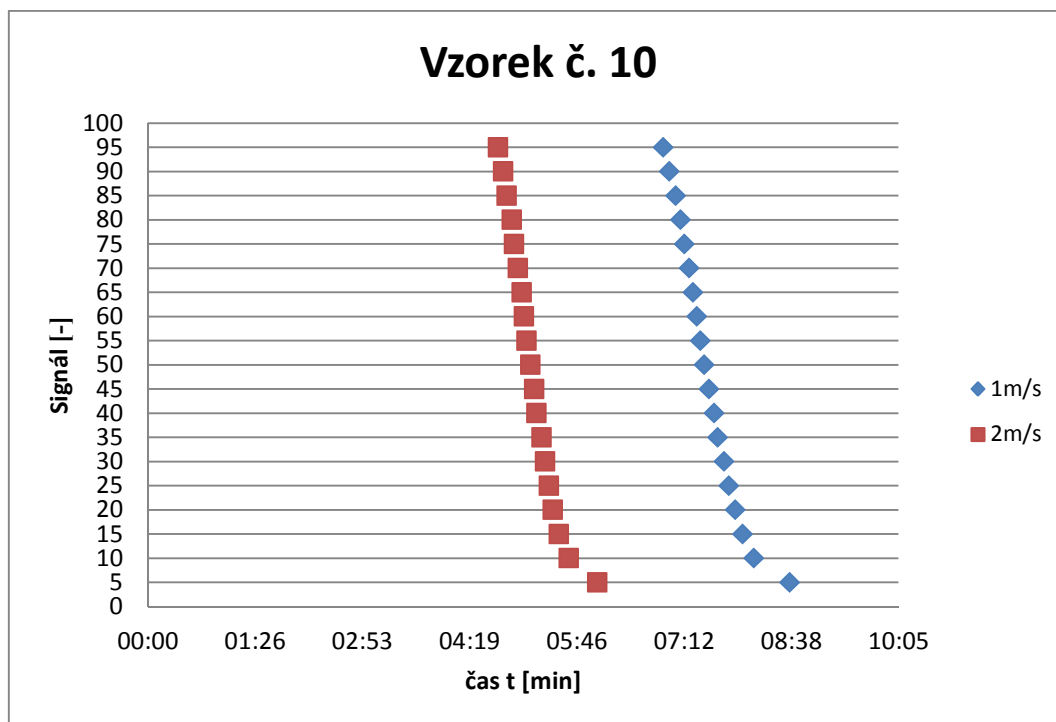
Měření se provádělo při rychlosti proudícího vzduchu $v_1 = 1\text{m/s}$ a $v_2 = 2\text{m/s}$. Rozdíly jsou v převážné míře dobře znatelné.



Obr. 51: Graf „signálu“ vzorku 3

Na obrázku č. 51 a 52 je dobře viditelné, jaký způsobem se změnil průběh „signálu“ při rychlejším proudění vzduchu $v = 2\text{ m/s}$.

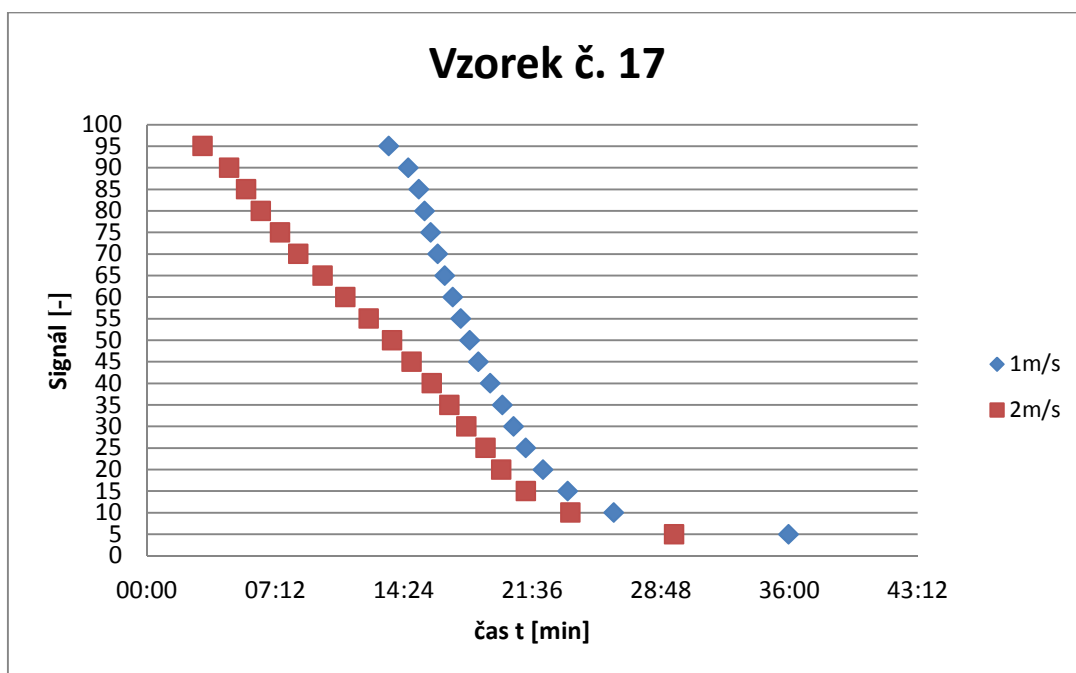
Textilie začala rychleji odvádět vlhkost do okolí, tedy pomocí proudění vzduchu. Všechna naměřená data k tématu měření „signálu“ nalezneme v příloze 4.



Obr. 52: Graf „signálu“ vzorku 10

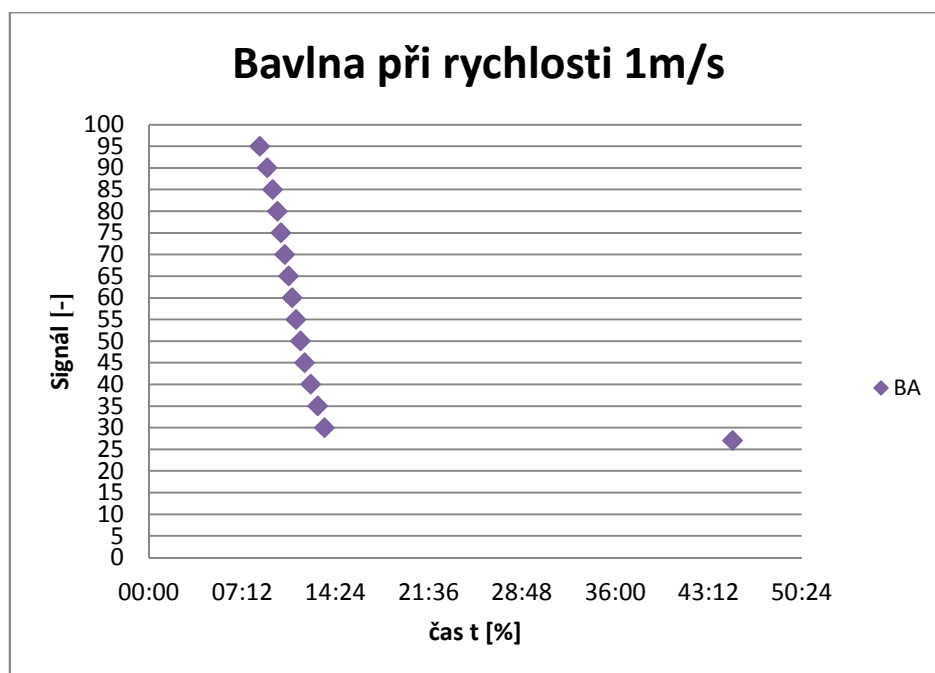
Rozdíl mezi naměřenými hodnotami u vzorku č. 3 a vzorku č. 10 je znatelný. Můžeme mluvit o vlivu materiálového složení na rychlejší odvod a odpaření vlhkosti, také musíme brát v potaz hmotnost či celkovou hustotu pleteniny. Ve všech těchto případech, má vzorek 10 lepší předpoklady, které byly zjištěny z minulých měření, a ty se také potvrdily i v tomto experimentu.

Z druhé oděvní vrstvy byl jako zástupce vybrán vzorek č. 17. U něho je také vidět vliv působení rychlejšího proudění vzduchu, a to hlavně na začátku měření. Ke konci se opět u druhých vrstev dostáváme k určitému zpomalení pádu „signálu“. Jak je vidět v následujícím grafu.



Obr. 53: Graf „signálu“ vzorku 17

Pro jasnější představu rozdílu hodnot a významu funkčnosti prádla, byl tímto způsoben naměřen vzorek z 100% bavlny (plošná hmotnost: 105g/m^2) při rychlosti $v = 1\text{m/s}$. „Signál“ byl naměřen pouze do hodnoty 27. Byla to nejnižší hodnota „signálu“, které byla bavlna schopna dosáhnout po 45 minutách měření. Toto potvrdilo, že 100% bavlna je nevhodným materiálem pro výrobu funkčního termoprádla, tedy pro aktivní sportovce, protože by tím pádem docházelo k přehřátí organismu. Jak bylo zmíněno již v charakteristice termoprádla a použitých materiálech.



Obr. 54: Graf „signálu“ bavlny

„Signál“ se může charakterizovat následujícím vztahem, kdy je od hmotnosti zavlhčeného vzorku [g] odečtena hmotnost vzorku vysušeného na 10% [g], tato hodnota se vydělí plochou kruhového průřezu kapsičky [cm²], následně se tato hodnota vydělí dobou sušení (50% - 10%) [min] a poté se vydělí rozdílem parciálních tlaků. Záleží, za jakého zavlhčení se textilie měří, tím pádem zde vzniká široký prostor pro další bádání.

Ačkoliv je tato metoda nová, resp. jen se o ní spekulovalo, přesto v současné době proběhl podobný test zkoušených vzorků. Objem měřených dat není tak rozsáhlý, jako zde. Jedná se o bakalářskou práci Kateřiny Plškové.

Tato metoda měření rychlosti odparování vlhkosti z textilie, dává velký prostor pro provedení dalších experimentů. Nicméně, již teď na základě naměřených dat, můžeme mluvit o efektivnosti této metody.

11 Vybraná kombinace materiálu měřená za sucha

Všechna měření byla provedena za standardních podmínek: $\phi = 41\%$ a $t = 23^\circ\text{C}$. Tato kapitola se zaměřuje na vybranou kombinaci vrstvené textilie. Vzorky byly vybrány na základě výsledků naměřených na Permetestu. Z první vrstvy byl jako nejlepší zvolen vzorek č. 10, což je interloková pletenina s typem vlákna Thermo Cool, přestože vzorek č. 13 měl nejlepší výsledky, nebyl vybrán z důvodu nepraktičnosti materiálu. Ze druhé vrstvy byl vybrán vzorek č. 22 s interlokovou vazbou, stejně jako vzorek č. 17. Ten byl vybrán, protože výsledkově spadl do průměru naměřených dat a také může být hodnocen jako komfortnější z důvodu vnitřní počesané strany.

Vzorky měřené pro účely této práce byly klimatizovány 24 hodin v klimatizační komoře Vötsch VC 0018. Přítlak vyvíjený hlavici na Alambetě byl 200 Pa, tj. běžně vyvíjený tlak.

11.1 Kombinace měřených vzorků

Jak již bylo řečeno, měřená kombinace vzorků byla vybrána na základě výsledků naměřených na Permetestu. Tato kapitola je věnována dvěma kombinacím tří vzorků, které se proměří jak na Permetestu, tak na Alambetě.

11.1.1 Měření na Permetestu

Všechna naměřená data na Permetestu nalezneme v příloze 2

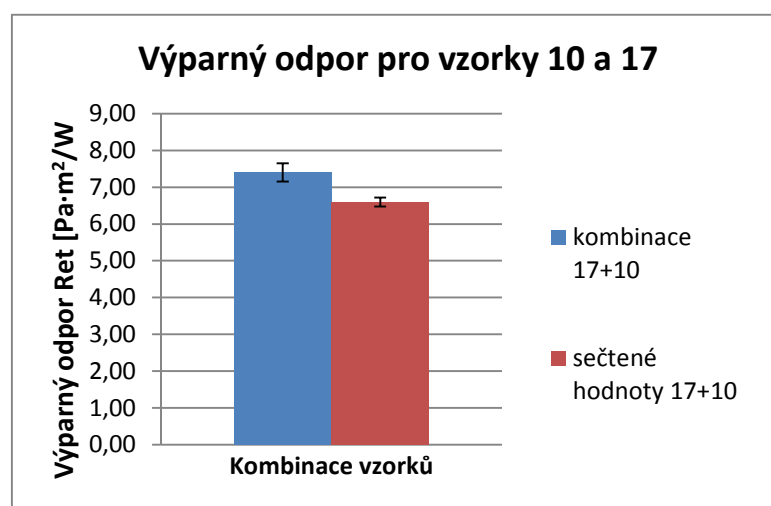
Výparný odpor

Na Permetestu byly testovány kombinace vzorků s číslem 10+17 a 10+22. Za suchého – klimatizovaného stavu. Naměřené hodnoty byly porovnány hodnotami textilií, které byly samostatně měřeny a poté sečteny. Hodnoty naměřených dat v kombinaci a hodnoty sečtené jsou v tabulce č. 5 a převedeny do grafu.

Z grafu je čitelné, že hodnoty u kombinace vzorků 10 a 17 se sečtená data liší, od dat naměřených v kombinaci Tento rozdíl je však minimální.

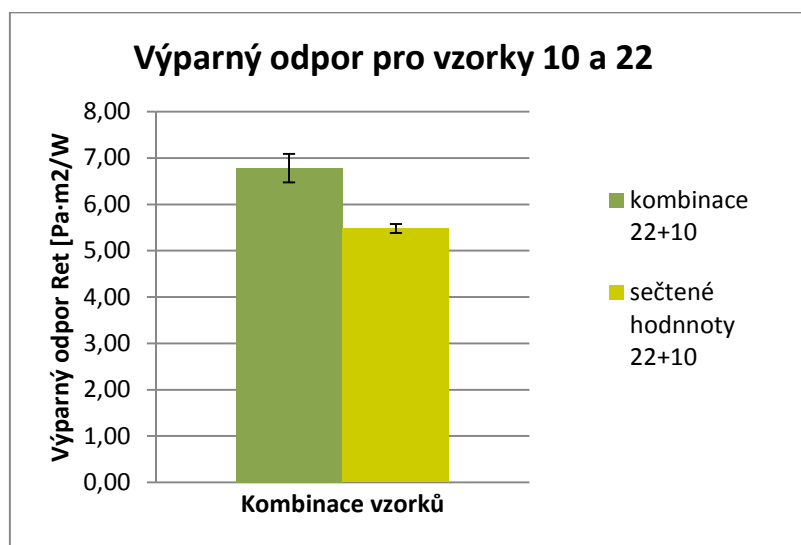
Tab. 5 Výparný odpor pro kombinace vzorků 10+17 a 10+22

Výparný odpor Ret [Pa*m2/W]				
Vzorky	Průměrné hodnoty	směrodatná odchylka	IS	CV [%]
kombinace 17+10	7,40	0,20	0,25	2,70
sečtené hodnoty 17+10	6,60	0,17	0,12	2,58
kombinace 22+10	6,78	0,25	0,31	3,67
sečtené hodnoty 22+10	5,48	0,13	0,09	2,42



Obr. 55: Graf výparného odporu pro vzorky 10 a 17

Naopak z grafu výparného odporu pro vzorky 10 a 22 je rozdíl sečtených hodnot a hodnot v kombinaci podstatně větší.



Obr. 56: Graf výparného odporu pro vzorky 10 a 22

Po porovnání těchto variant, je zřejmé, že měřené textilie v kombinaci, tedy reálně vrstvené, mají větší výparný odpor. Tento zmiňovaný rozdíl je však minimální. Tímto se ale potvrzuje teorie o částečném sčítání hodnot.

11.1.2 Měření na Alambetě

Všechna naměřená data na Alambetě nalezneme v příloze 3

Tepelný odpor - r

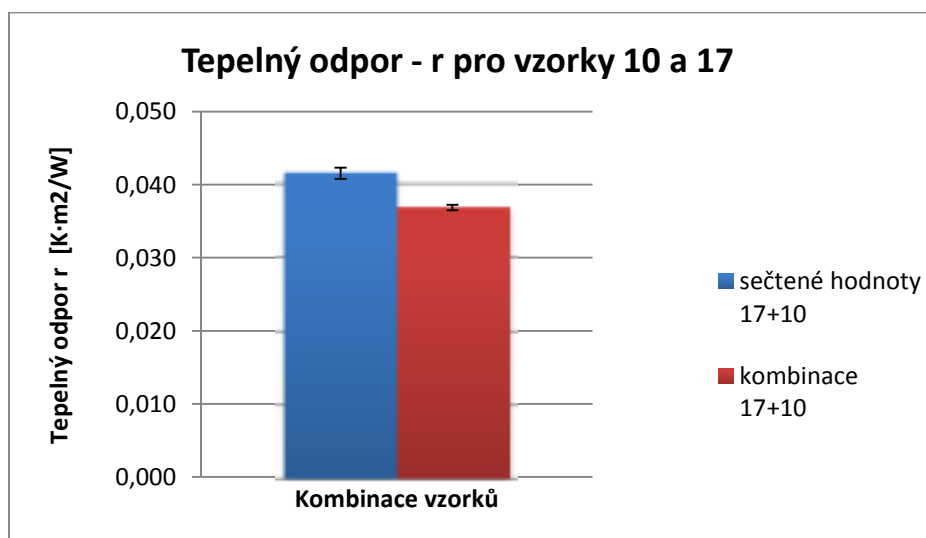
Tepelný odpor je nepřímo úměrný hodnotě tepelné vodivosti. Pro tuto veličinu je charakteristické to, že má schopnost udržet si teplo, tím pádem tato schopnost záleží na použitém materiálu pro výrobu textilie a na tloušťce textilie. Byly zde znovu zkoumány vzorky č. 10, 17 a 22.

Tab. 6 Tepelný odpor pro kombinace vzorků 10+17 a 10+22

Tepelný odpor r [$W^{-1}K \cdot m^2$]				
vzorky	Průměrné hodnoty	směrodatná odchylka	IS	CV [%]
kombinace 17+10	0,0369	0,0002	0,0004	0,4143
sečtené hodnoty 17+10	0,0416	0,0003	0,0008	0,7350
kombinace 22+10	0,0214	0,0002	0,0005	0,9346
sečtené hodnoty 22+10	0,0217	0,0001	0,0001	0,2665

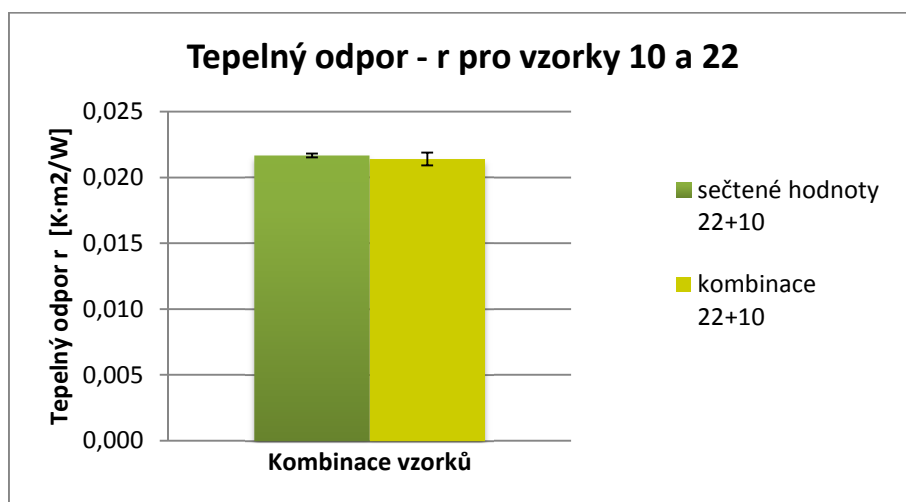
V tabulce 6 jsou zaznamenány hodnoty tepelného odporu vzorků 10, 17 a 22, a to jak v kombinaci naměřené, tak i hodnoty sečtené. Výsledky jsou viditelné v následujících grafech. Jak již bylo zmíněno, kombinace vzorků byla sestavena na základě výparného odporu naměřeným na Permetestu. Z pohledu naměřených dat na Alambetě, tato kombinace se nemusí zdát ideální. Cílem nebylo navrhnout nejlepší termoizolační vrstvu, ale najít vhodnou kombinaci vrstev tak, aby byla zajištěna dobrá izolace, vysoká paropropustnosti a nízký výparný odpor.

Z grafu (obr. 57) tepelného odporu pro vzorky 10 a 17 je patrné, že sečtené hodnoty naměřených dat vzorků jsou vyšší než u vzorků měřených najednou. Rozdíl hodnot je minimální. Což může být dáno variabilitou měření a nestejnoměrností textilie. V tomto případě by sečtené hodnoty udávaly vyšší tepelnou izolaci, než vykazuje hodnota naměřená v kombinaci.



Obr. 57: Graf tepelného odporu pro vzorky 10 a 17

Rozdíl mezi naměřenými hodnotami v kombinaci a sečtenými hodnotami u vzorků 10 a 22 je minimální. V tomto případě se dá říci zanedbatelný, ale i toto měření dokazuje, že sečtené hodnoty jsou vyšší, než hodnoty naměřené v kombinaci viz obrázek 58.



Obr. 58: Graf tepelného odporu pro vzorky 10 a 22

Podle zdroje [54] má kombinace vzorků 22 + 10 a 17 + 10 nízké clo (pod hodnotou 0,2 clo), má tedy nízkou izolační schopnost. Materiál je vhodný pro výrobu spíše letního oblečení, než zimního.

Závěr

V teoretické části je zpracován současný stav v oblasti funkčních vláken, materiálového složení zkoumaných textilií, které jsou rozděleny do dvou oděvních vrstev. Třetí vrstva nebyla brána v potaz. Je to z toho důvodu, že v období od jara do podzimu se tato vrstva v našich klimatických podmínkách užívá jako doplňující vrstva – resp. vrstva ochranná, tudíž nás chrání před náhlými nepříznivými vlivy počasí. Z toho důvodu je zde obsažena kapitola věnující se klimatickým podmínkám v ČR, protože i to je nedílnou součástí správného a komfortního odívání.

Vzorky jsem rozdělila do dvou skupin, které odpovídaly první a druhé oděvní vrstvě. Poté jsem zjišťovala materiálové složení, plošnou hmotnost, výrobce a hustotu a vazbu pleteniny. Na základě těchto zjištění jsem zúžila výběr při popisu speciálních vláken a úprav na ty, které byly použity ve zkoumaných vzorcích.

Všech 22 vzorků bylo měřeno jak na přístroji Alembeta, tak na Permetestu, za různých podmínek, jako je měření za sucha, měření zavlhčených vzorků na 50% či v různých kombinacích. Z měřených vzorků byla navržena kombinace pleteniny interlokové, a to jak v první oděvní vrstvě, tak i ve druhé oděvní vrstvě. Podle naměřených dat byla tato kombinace vzorků nejvhodnější, jak po funkční stránce (jako je: vysoká paropropustnost či nízký výparný odpar), tak i po stránce komfortní (zde je myšleno - příjemný na omak či praktičnost materiálu).

Svou plošnou hmotností patřil vzorek k průměrným. Vzorek 22 byl podle měření na Permetestu vyhodnocen jako nejlepší.

Podle získaných dat byla zjištěna závislost výparného odporu měřených vzorků na tloušťce materiálu, tak i na plošné hmotnosti, což souvisí s konstrukcí materiálu. Nesmíme zapomínat na materiálové složení, což přímo také ovlivňuje správnou funkčnost měřeného materiálu. Na základě těchto všech skutečností byly jako nejlepší zvoleny vzorky č. 10 a 22. Vzorek 10 byl vyroben, z polyesterových vláken Thermo Cool s příměsí elastanových vláken. Vzorek 22 byl vyroben z nylonu, tedy polyamidu, modalu a elastanu.

V této práci bylo použito nové metody měření, tj. měření „signálu“ na Permetestu, „Signál“ se může definovat jako součinitel odparu z povrchu textilie nebo také konstanta odparu. Tato metoda patří mezi časově náročnější metody. V současné době patří mezi destruktivní metody. Podstata tohoto experimentu byla shledána jako efektivní. U prvních oděvních vrstev, vyrobených z funkčních vláken byla potvrzena domněnka o rychlejším odvodu vlhkosti z textilie, při vyšší rychlosti proudícího vzduchu – tj. 2 m/s než při rychlosti vzduchu 1 m/s. V průběhu měření se došlo k závěru, že zkoumané vzorky musí být máčeny ve vodní lázni s přidanou „kapkou“ detergentu alespoň 24 hodin, jinak stále bude docházet k velkému kolísání „signálu“ na začátku měření. Zpravidla u vzorků z první oděvní vrstvy se měřený čas pohyboval od 5 do 15 minut. U měření vzorků z druhé oděvní vrstvy se čas měření prodloužil i více jak dvojnásobně. Touto metodou bylo potvrzeno, že bavlna není vhodným materiálem pro výrobu termoprádla, protože za srovnatelných podmínek se jí nepodařilo „vysušit“ až na hodnoty měřených funkčních materiálů. Právě rychlost odvodu vlhkosti od pokožky hraje důležitou roli u funkčnosti termoprádla (pro sportovce) a touto metodou se může tato doba zjišťovat. Právě toto dává široký prostor pro další experimenty.

V posledním bodu byly zkoumány kombinace textilií na základě předešlého zkoumání a měření na Permetestu a Alambetě. S přihlédnutím na materiálové složení, tloušťku materiálu, plošnou hmotnost, hustotu textilií a na naměřená data na Permetestu byla vyhodnocena jako nejlepší kombinace vzorků č. 10(první oděvní vrstva) a č. 22(druhá oděvní vrstva). Tato kombinace vzorků byla měřena dohromady a následně byly hodnoty porovnávány s hodnotami textilií, které byly samostatně měřeny a následně sečteny. Hypotéza se z části potvrdila, naměřené hodnoty byly podobné, ale byly shledány odchylky od měření v kombinaci, proto je tato metoda nepřesná. Může se však použít pro získání orientačních hodnot.

Seznam použitých zdrojů

- [1] ADVANSA, Thermolite [online]. [cit. 2012-03-02]. Dostupné z: <<http://www.advansa.com/en/products-2/apparel/ready-to-wear>>
- [2] APTEGA, Elastan, Lycra nebo Spandex? [online]. [cit. 2012-03-05]. Dostupné z: <<http://www.aptega.cz/poradna/clanky/elastan-lycra-nebo-spandex/>>
- [3] ADVANCEDFIBRES, Thermolite [online]. [cit. 2012-05-01]. Dostupné z www: <<http://www.advancedfibres.eu/thermolite.htm>>
- [4] BLAHOŽ, V., KADLEC, Z., Základy sdílení tepla, Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1996. 109s. ISBN 80-902001-1-7.
- [5] COOLPLUS [online]. [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: <<http://www.cool-plus.de/>>
- [6] COOLPLUS [online]. [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: <<http://www.coolplus.com.tw/>>
- [7] ČESKÁ REPUBLIKA, Klimatické podmínky [online]. [2012-03-23]. Dostupné z: <<http://www.czech.cz/cz/Zivot-a-prace/Jak-se-zije-v-CR/Podnebi/Klimaticke-podminky>>
- [8] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, Mapy charakteristik klimatu [online]. [2012-02-21]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/portal/dt?menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_3_Mapy_char_klim>
- [9] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, Územní srážky [online]. [2012-02-21]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/portal/dt?menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_5_Uzemni_srazky>
- [10] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, Územní teploty [online]. [2012-02-21]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provider=JSPTabContainer&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_4_Uzemni_teploty&nc=1&portal_lang=cs#PP_Uzemni_teploty>
- [11] DAEIL BIOTECH [online]. [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <http://www.daeilbio.co.kr/product_info.aspx?product_id=4097>
- [12] DING, D., TANG, T., SONG, S., McDONALD, A., Characterizing the performance of a single – layer fabric system through a heat and mass transfer model – Part I: Heat and mass transfer model. Textile Research Journal 2011 81:398. 2011
- [13] GINA, CoolMax [online]. [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: <<http://www.gina.cz/shop/common/pagedetail.aspx?pagecode=coolmax>>
- [14] GINA, Modal [online]. [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: <<http://www.gina.cz/shop/common/pagedetail.aspx?pagecode=modal>>

-
- [15] GOMBÍKOVÁ, V., Fyziologické vlastnosti textilií, Kapitola 2 [online]. [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <
http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Om/prednasky/stare/prednaska_2_viera.pdf>
- [16] GOMBÍKOVÁ, V., Fyziologické vlastnosti textilií, Kapitola 3 [online]. [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <
http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Om/prednasky/stare/prednaska_3b_viera.pdf>
- [17] HES, L.; SLUKA, P., Úvod do komfortu textilií. Vydání první. Liberec: Technická univerzita, 2005. 109 s. ISBN 80-7083-926-0
- [18] HIGHPOINT, Thermocool [online]. [cit. 2012-03-01]. Dostupné z: <
<http://www.highpoint.cz/materialy/thermocool.html>>
- [19] HORNÍČEK, P., Odvod vlhkosti a tepla z povrchu lidského těla, Katedra oděvnictví [online]. [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: <
http://www.kod.tul.cz/predmety/STE/dalsi_podklady/Odvod%20vlhkosti%20a%20tepla.pdf>
- [20] HUANG, J., Prediction of air temperature for thermal comfort of people in outdoor environments. International Journal of Biometeorology Volume 51, Number 5 (2007), 375-382. 2007
- [21] INTERNÍ NORMA 23-303-01/01, Zjišťování stupně vlhkostní jímavosti textilií, Výzkumné centrum Textil LN00B090, Technická univerzita v Liberci, 2003
- [22] INVISTA, CoolMax [online]. [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: <
<http://www.invista.com/en/brands/coolmax.html>>
- [23] INVISTA, Lycra [online]. [cit. 2012-03-02]. Dostupné z: <
<http://www.invista.com/en/activewear/lycra.html>>
- [24] INVISTA, Supplex [online]. [cit. 2012-03-02]. Dostupné z: <
<http://www.invista.com/en/activewear/supplex.html>>
- [25] INVISTA, Thermolite [online]. [cit. 2012-03-02]. Dostupné z: <
<http://www.invista.com/en/activewear/thermolite.html>>
- [26] ISO 11092:1993, Textiles – Physiological effects – Measurements of thermal and water – vapour resistance under steady – state conditions (sweating guarded – hotplate test). 1993. 10s.
- [27] KOVAČIČ, V., Textilní zkušebnictví [online]. [cit. 2012-03-30] Dostupné z: <
<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/ZKT1dil.pdf>>
- [28] KOVAČIČ, V., Textilní zkušebnictví [online]. [cit. 2012-03-30] Dostupné z: <
<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/ZKT2dil.pdf>>
- [29] KOVAČIČ, V., Zkoušení textilií, přednáška 4 [online]. [cit. 2012-04-01]. Dostupné z <
http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20080401/ZKB_prednaska_4.pdf>
-

-
- [30] KUNEŠ, J., VESELÝ, Z., HONNER, M., Tepelné bariéry, Praha: Academia, 2003. 296 s. ISBN 80-200-1218-4.
- [31] LAING, M R., MacRAE, A B., WILSON, A CH., NIVEN, E B., Layering of fabrics in laboratory tests to reflect combinations as outdoor apparel. Textile Research Journal 2011 81:1828. 2011
- [32] LI, Y., The science of clothing comfort: a critical appreciation of recent developments. Manchester: Textile Inst., 2001. 138s.
- [33] MILITKÝ, J., Textilní vlákna [online]. [cit. 2012-03-30] Dostupné z: <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20061005/1-uvod.pdf>>
- [34] MELOUN, M., Statistická analýza dat, Učební texty k semináři [online]. [cit. 2012-04-15]. Dostupné z www: <http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_05_1101.pdf>
- [35] PAKOSTOVÁ, V., Oděvní komfort [Online]. [cit. 2012-03-14]. Dostupné z www: <<http://pakostova.pellican.cz/clanky/komfort.doc>>
- [36] PETŘÍKOVÁ, M., Sdílení tepla, učební pomůcka pro studenty textilní fakulty. [Online]. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z www: <<https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2009-01-23/11-02-45.pdf>>
- [37] RŮŽIČKOVÁ, D., Oděvní materiály [online]. [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <<https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2003-02-17/12-04-02.pdf>>
- [38] S.CAFÉFABRICS [online]. [cit. 2012-03-11]. Dostupné z: <<http://www.scafefabrics.com/Default.aspx>>
- [39] SINGTEX, Ice Cool [online]. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <http://www.singtex.com/products.aspx?cid=C_00000013>
- [40] SINGTEX, Recycle polyester [online]. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <http://www.singtex.com/products.aspx?cid=C_00000015>
- [41] SINGTEX, S.Café [online]. [cit. 2012-03-11]. Dostupné z: <http://www.singtex.com/products.aspx?cid=C_00000021>
- [42] STANĚK, J., Textilní zbožíznalství. Vláknenné suroviny, příze a nitě, Liberec: TUL, 2002. 84s. ISBN 80-7083-555-9
- [43] STRAIN OUTDOOR, Recyklovaný polyester [online]. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <<http://www.strain-outdoor.cz/upload/file/MATERI-ALY.pdf>>
- [44] TEXSITE, Výkladový slovník [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://cz.texsite.info/Polyamidov%C3%A9_vl%C3%A1kno_%28PAD%29%3B_nylon>
- [45] THERMOCOOL [online]. [cit. 2012-03-01]. Dostupné z: <<http://www.thermocool.net/>>
-

-
- [46] TROJNÍKOV, O., WARDININGSIH, W., Moisture management properties of wool/polyester and wool/bamboo knitted fabrics for sportswear base layer. Textile Research Journal 2011 81:621. 2011
- [47] TUL, Katedra textilních materiálů, Bavlněná vlákna [online]. [cit. 2012-02-02]. Dostupné z: <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/bavlna>>
- [48] TUL, Katedra textilních materiálů, Chemická vlákna ze syntetických polymerů [online]. [cit. 2012-03-09]. Dostupné z [www](http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/synteticka_vlakna.pdf): <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/synteticka_vlakna.pdf>
- [49] TUL, Katedra textilních materiálů, Lněná vlákna [online]. [cit. 2012-02-02]. Dostupné z: <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/len>>
- [50] TUL, Katedra textilních materiálů, Polyamidová vlákna [online]. [cit. 2012-02-02]. Dostupné z: <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/polyamid>>
- [51] TUL, Katedra textilních materiálů, Polyesterová vlákna [online]. [cit. 2012-02-02]. Dostupné z: <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/polyester>>
- [52] TUL, Katedra textilních materiálů, Polypropylenová vlákna [online]. [cit. 2012-02-02]. Dostupné z: <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/polypropylen>>
- [53] TUL, Katedra textilních materiálů, Vlna [online]. [cit. 2012-02-02]. Dostupné z: <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/vlna>>
- [54] TZBINFO, Izolace oblečení [online]. [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/576-izolace-obleceni>>
- [55] VELITEC, Termoprádlo – materiály [online]. [cit. 2012-03-01]. Dostupné z: <<http://www.velitec.com/cs/termopradlo/materialy>>
- [56] VÖTSCH INDUSTRIE TECHNIK, Návod k použití klimatické komory Vötsch.
- [57] WIKIPEDIA, Nylon [online][cit. 2012-03-08] Dostupné z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Nylon>>

Seznam obrázků a grafů

- Obr. 1: Přenos tepla v systému člověk – vnější prostředí [30]
- Obr. 2: Přenos tepla kondukcí [17]
- Obr. 3: Přestup tepla prouděním [17]
- Obr. 4: Přenos vlhkosti vedením mezi kůží a okolím [17]
- Obr. 5: Odvod vlhkosti z volného povrchu kůže odparem [17]
- Obr. 6: Odvod potu 1. vrstvou textilie [17]
- Obr. 7: Bavlněná vlákna [47]
- Obr. 8: Lněná vlákna [49]
- Obr. 9: Vlákna vlny [53]
- Obr. 10: Polyamidová vlákna [50]
- Obr. 11: Polyesterová vlákna [51]
- Obr. 12: Polypropylenová vlákna [52]
- Obr. 13: Ukázka funkčnosti vlákna Coolmax [13] a jeho příčný řez [51]
- Obr. 14: Ukázka funkčnosti vlákna CoolPlus [5] a příčný průřez jeho vláknem [51]
- Obr. 15: Porovnání funkčnosti textilie vyrobené z vlákna CoolPlus s BA, PES a PA [5]
- Obr. 16: Ukázka funkčnosti vlákna Ice Cool [39]
- Obr. 17: Stručné schéma výroby recyklovaného polyesteru [40]
- Obr. 18: Ukázka funkčnosti vlákna S.Café [41]
- Obr. 19: Průřez vlákna Thermo cool [45]
- Obr. 20: Ukázka funkce vlákna za nízké tělesné aktivity a za vysoké tělesné aktivity [45]
- Obr. 21: Ukázka funkčnosti vlákna Thermolite [3]
- Obr. 22: Schéma přístroje Permetest [17]
- Obr. 23: Schéma přístroje Alambeta [17]
- Obr. 24: Klimatizační komora Vötsch VC 0018 [11]

Obr. 25: Sorpční izoterma [27]

Obr. 26: Schéma systému funkčního oblečení [35]

Obr. 27: Vzorek 1

Obr. 28: Vzorek 2

Obr. 29: Vzorek 3

Obr. 30: Vzorek 4

Obr. 31: Vzorek 5

Obr. 32: Vzorek 6

Obr. 33: Vzorek 7

Obr. 34: Vzorek 8

Obr. 35: Vzorek 9

Obr. 36: Vzorek 10

Obr. 37: Vzorek 11

Obr. 38: Vzorek 12

Obr. 39: Vzorek 13

Obr. 40: Vzorek 14

Obr. 41: Vzorek 15

Obr. 42: Vzorek 16

Obr. 43: Vzorek 17

Obr. 44: Vzorek 18

Obr. 45: Vzorek 19

Obr. 46: Vzorek 20

Obr. 47: Vzorek 21

Obr. 48: Vzorek 22

Obr. 49: Graf závislosti plošné hmotnosti na výparném odporu

Obr. 50: Graf závislosti výparného odporu na tloušťce materiálu

Obr. 51: Graf „signálu“ vzorku 3

Obr. 52: Graf „signálu“ vzorku 10
Obr. 53: Graf „signálu“ vzorku 17
Obr. 54: Graf „signálu“ bavlny
Obr. 55: Graf výparného odporu pro vzorky 10 a 17
Obr. 56: Graf výparného odporu pro vzorky 10 a 22
Obr. 57: Graf tepelného odporu pro vzorky 10 a 17
Obr. 58: Graf tepelného odporu pro vzorky 10 a 22

Seznam tabulek

Tab. 1 Tabulka teploty tání, pevnost, tažnost a navlhavost PA 6.6, PA 6, PES a PP [48]
Tab. 2 Uzanční vlhkost [29]
Tab. 3 Závislost plošné hmotnosti na Ret
Tab. 4 Změna Ret v závislosti na tloušťce materiálu
Tab. 5 Výparný odpor pro kombinace vzorků 10+17 a 10+22
Tab. 6 Tepelný odpor pro kombinace vzorků 10+17 a 10+22

Seznam příloh

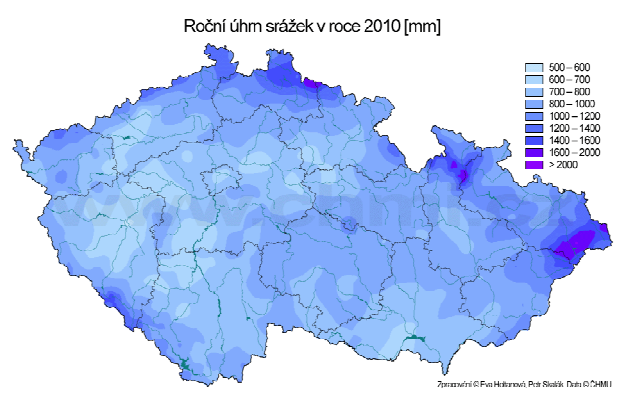
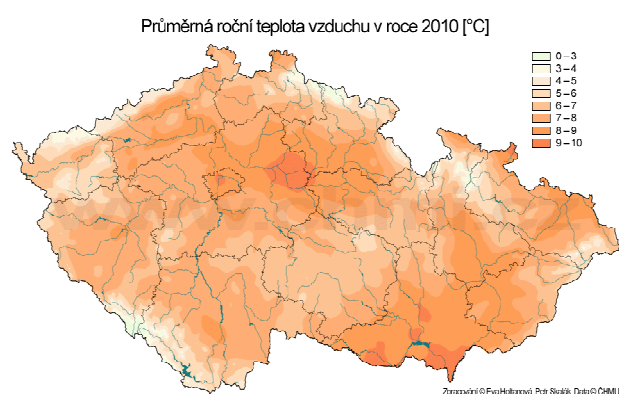
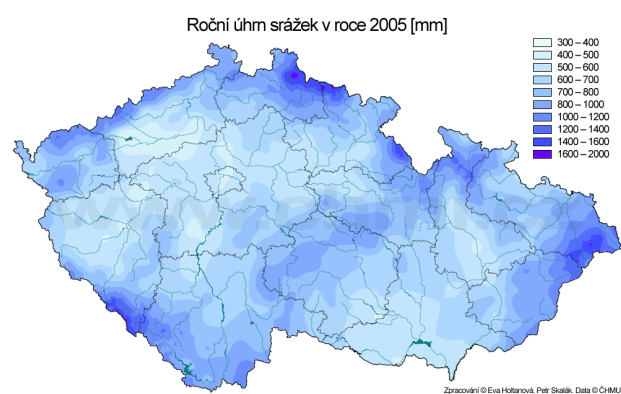
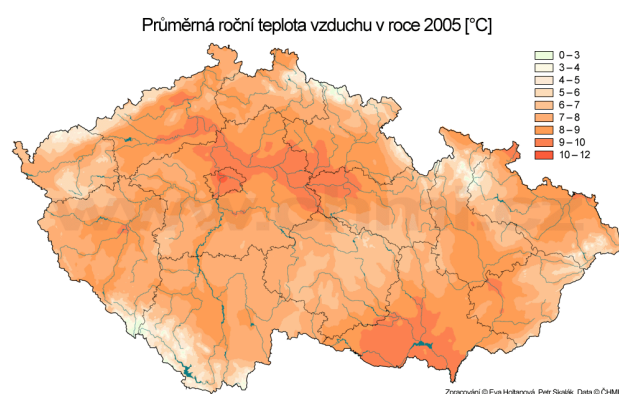
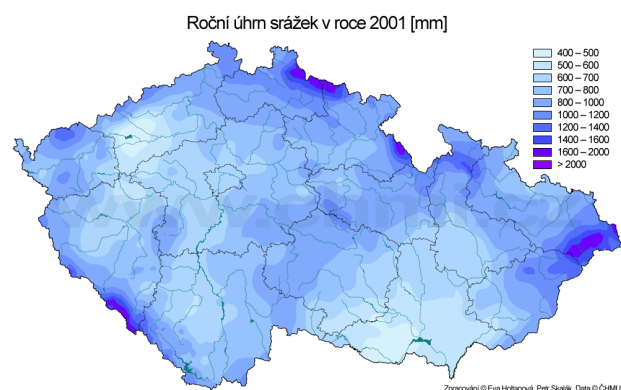
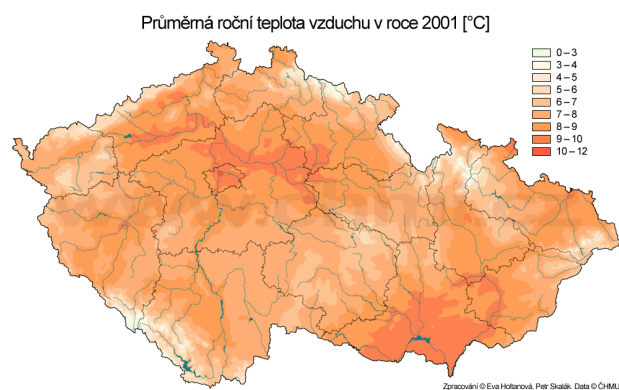
PŘÍLOHA 1
PŘÍLOHA 2
PŘÍLOHA 3
PŘÍLOHA 4

PŘÍLOHA 1

Mapy ČR s průměrnou roční teplotou a ročním úhrnem srážek v letech 2001, 2005 a 2010

Průměrná roční teplota vzduchu [8]

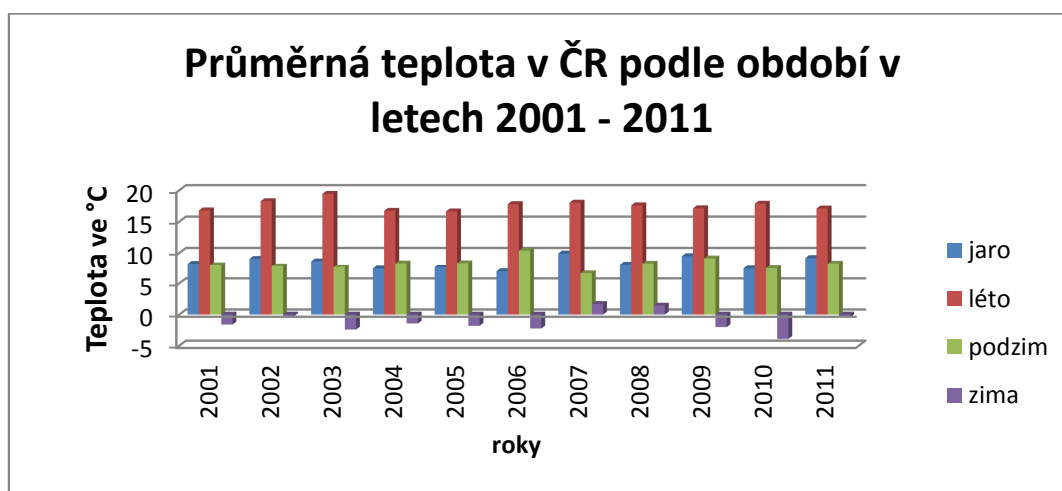
Roční úhrn srážek [8]



Územní teploty v ČR v letech 2001 – 2011 ve °C [9, 10]

Územní teploty v ČR v letech 2001 - 2011 ve °C													
rok	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	Roční průměr
2001	-1,6	0,3	3,5	6,9	14,4	14,1	18	18,3	11,2	11,3	1,6	-3,5	7,9
2002	-1,3	3,4	4,1	7,6	15,5	17,5	18,7	18,6	11,9	6,9	4,7	-2,8	8,8
2003	-2,4	-4,3	3,6	7,2	15,2	19,6	18,5	20,2	13,3	5	4,7	-0,5	8,4
2004	-3,9	0,4	2,4	8,7	11,2	15,2	17	18	12,7	9,1	3,2	-0,8	7,8
2005	-0,4	-3,7	1	8,9	13	16,1	18	15,8	14,1	9	2	-1,3	7,7
2006	-6	-3	0,1	8,1	12,7	16,9	21,4	15,1	15,5	10,1	5,6	2,3	8,2
2007	3,2	2,8	5,1	10,3	14,4	18,1	18,3	17,7	11,3	7,2	1,4	-0,9	9,1
2008	1,3	2,3	3	7,8	13,6	17,4	17,9	17,5	12	8,3	4,6	0,7	8,9
2009	-4	-1	3,2	12	13,3	14,9	18,1	18,4	14,7	7,2	5,5	-1	8,4
2010	-5	-1,8	2,7	8,1	11,5	16,6	20	17	11,3	6,1	5	-4,9	7,2
2011	-1,2	-2	3,8	10,5	13,3	16,9	16,4	18	14,6	7,8	2,5	1,9	8,5

Průměrná teplota v ČR podle období [9, 10]



Tepelný odpor jednotlivých částí oděvu [54]

Popis ošacení	Tepelný odpor (clo)
Spodní prádlo	0,03 -0,12
Košile a halenky	0,15 – 0,3
Kalhoty	0,06 – 0,28
Šaty a sukně	0,15 - 0,40
Svetry	0,12 – 0,35
Saka	0,25 – 0,35
Různé: ponožky, silonové punčochy, boty	0,02 -0,1

Tepelný odpor klasických kombinací ošacení [54]

Denní běžné oblečení	I _{cl}	
	clo	m ² .K.W ⁻¹
Kalhotky, tričko, lehké ponožky, sandály	0,30	0,050
Kalhotky, spodnička, punčochy, lehké šaty s rukávy, sandály	0,45	0,070
Spodky, košile s krátkými rukávy, lehké kalhoty, ponožky, polobotky	0,50	0,080
Kalhotky, punčochy, košile s krátkými rukávy, sukně, sandály	0,55	0,085
Spodky, košile, lehčí kalhoty, boty	0,60	0,095
Spodní prádlo, košile, kalhoty, ponožky, boty	0,70	0,110
Kalhotky, spodnička, košile, sukně, silné podkolenky, boty	0,90	0,140
Spodky, nátělník, košile, kalhoty, svetr s věčkem, ponožky, boty	0,95	0,145
Kalhotky, košile, kalhoty, sako, ponožky, boty	1,00	0,155
Kalhotky, punčochy, blůzka, dlouhá sukně, sako, boty	1,10	0,170

PŘÍLOHA 2

Všechny hodnoty naměřené na přístroji Permetest

Za sucha

Ret [Pa*m ² /W]													
Vzorek č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ø	směrodatná odchylka	IS
1	2	2	1,9	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,81	0,128668394	0,092044
2	1,6	1,5	1,7	1,6	1,6	1,5	1,6	1,6	1,5	1,5	1,57	0,067494856	0,048283
3	2,9	3,1	3	2,7	2,7	2,6	2,7	2,7	2,9	2,7	2,8	0,163299316	0,116817
4	1,7	1,8	2,2	2,3	1,9	1,9	1,8	1,9	2,1	1,9	1,95	0,190029238	0,135939
5	3,3	3,9	2,8	3	2,8	2,4	2,6	2,3	2,6	2,7	2,84	0,469515116	0,335871
6	1,7	1,8	1,9	1,8	1,8	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,75	0,084983659	0,060794
7	2	2	2,1	2	2,1	2	1,9	2	1,9	2,2	2,02	0,091893658	0,065737
8	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,6	1,5	1,6	1,6	1,7	1,64	0,084327404	0,060324
9	1,7	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	0,081649658	0,058409
10	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,6	1,57	0,08232726	0,058893
11	2,7	2,8	2,8	3	3	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,71	0,185292561	0,13255
12	1,9	2,1	1,8	2,2	2,1	1,9	2	1,9	1,9	1,9	1,97	0,125166556	0,089539
13	0,8	0,7	0,7	0,9	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,77	0,067494856	0,048283
14	1,7	1,6	1,7	1,8	1,8	1,6	1,4	1,5	1,6	1,6	1,63	0,125166556	0,089539
15	4,2	4,4	4,3	4,3	4,3	4,5	4,5	4,3	4,1	4,5	4,34	0,134989712	0,096566
16	4,6	4,6	4,7	4,6	4,5	4,5	4,4	4,4	4,4	4,6	4,53	0,105934991	0,075781
17	4,9	5,1	5,1	5,2	5	4,9	5,1	4,8	5,4	4,8	5,03	0,188856206	0,1351
18	6	6,1	6,2	5,8	6,1	5,9	5,9	5,8	5,8	6,3	5,99	0,179195734	0,128189
19	5,4	5,3	5,4	5,3	5,5	5	5,4	5,1	5,5	5,3	5,32	0,161932771	0,11584
20	4	4,3	4,1	4,4	4,3	4,2	4,4	4,3	4,4	4,4	4,28	0,13984118	0,100036
21	5,1	5,2	5,1	5,2	5,4	5,1	5,7	5,2	5,6	5,6	5,32	0,234757558	0,167935
22	3,9	3,9	3,8	3,9	4	4	3,9	3,9	3,8	4	3,91	0,073786479	0,052784

Paropropustnost

%													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ø	směrodatná odchylka	IS
1	73,2	73,2	74,1	75,7	74	74,6	73,5	73,3	73,3	73,9	73,88	0,791342039	0,566092
2	77	77,7	75,5	75,7	74,4	76,2	75,5	75,7	77,3	77,3	76,23	1,05519877	0,754844
3	65,2	63,2	63,7	64	63,9	65	64,2	63,9	63,5	64,8	64,14	0,660302961	0,472352
4	75,6	73,5	67,4	67,3	73,5	71,4	72,8	72,2	69,9	72,9	71,65	2,70277635	1,93345
5	59,5	58,5	64,1	64	65,5	67,3	65	68,2	65,4	65	64,25	3,066394915	2,193567
6	73,9	72,6	72	74,4	75	75,7	74,5	73,2	74,6	73	73,89	1,161847188	0,831135
7	71,2	70,5	69,6	72,1	72	70,6	72	71,1	73	69,9	71,2	1,077032961	0,770463
8	75	75,1	73,9	75,3	74,6	75,6	76,3	74,7	75,5	74,4	75,04	0,683455274	0,488914
9	74,2	72,3	72,6	74,4	76,2	74,7	74,7	75,2	74,7	74,6	74,36	1,14813859	0,821329
10	75,9	75,4	75,5	76,7	76	74,7	77,1	75,6	77,2	75,4	75,95	0,812745689	0,581403
11	64,1	63	63,2	63,8	64,1	65,7	65,7	64,7	64,5	64,7	64,35	0,911957601	0,652375
12	71,1	69,2	72,4	70,7	71,6	72,4	71,1	72,1	72,1	72,3	71,5	1,01324561	0,724832
13	86,7	88,1	87,4	86,3	87	87,4	86,2	86	85,5	86,8	86,74	0,772010363	0,552263
14	74,6	75,2	74,2	74,7	74,3	75,3	77,6	76,9	75,5	74,8	75,31	1,115994823	0,798335
15	54	53,3	54,5	53,8	53,2	52,3	52,5	54,2	54,9	52,4	53,51	0,917060521	0,656026
16	51,9	52,1	52	52,1	53	52,8	53,2	54,1	53,4	52,5	52,71	0,721803297	0,516347
17	50,5	49,9	49,9	49,1	50,2	50,7	49,7	51,3	48,1	51,3	50,07	0,979852597	0,700944
18	46,5	45,3	44,8	46,3	45,4	46,5	46,3	46,9	46,6	44,6	45,92	0,818942407	0,585836
19	48,1	48,7	48,5	48,8	47,9	50,4	49,1	50,8	48,9	50,1	49,13	0,980985899	0,701755
20	56,2	54,4	55,5	53,1	53,7	55,9	54,9	54,8	54,8	54,7	54,8	0,939266854	0,671911
21	49,6	49,9	49,1	49,3	47,9	51,7	48,8	51,1	48,9	48,3	49,46	1,183403754	0,846556
22	56,1	56,4	56,9	56,5	55,3	57,3	58	57,9	58,3	57,1	56,98	0,937846232	0,670895

Kombinace za sucha

Výparný odpor

Pa*m2/W						
	1	2	3	4	5	ϕ
17+4	8,3	7,8	7,8	8	7,9	7,96
17+10	7,3	7,2	7,3	7,5	7,7	7,4
17+12	8	7,8	7,9	7,8	7,9	7,88
17+13	6,6	6,3	6,4	6,5	6,2	6,4
22+4	8	7,1	7,1	7,6	7,9	7,54
22+10	7,2	6,7	6,6	6,8	6,6	6,78
22+12	7,9	7,6	7,6	7,8	8	7,78
22+13	5,6	5,7	5,7	5,5	5,8	5,66
22+2	6,9	7	6,8	6,6	6,9	6,84
22+14	6,9	6,8	6,8	6,7	7	6,84
15+2	6,7	6,2	6,7	6,4	6,5	6,5
15+10	6,9	6,4	6,4	6,6	6,7	6,6
15+13	5,6	5,6	5,7	5,4	5,8	5,62
15+14	6,6	6,7	7,2	6,9	7,1	6,9
18+2	9,1	9,3	9,3	9,2	9	9,18
18+10	9,4	9	9,1	9	9,3	9,16
19+2	8,4	8,8	8,6	8,3	8,5	8,52
19+10	8,5	8,7	8,6	8,7	8,7	8,64

Paropropustnost

%						
	1	2	3	4	5	φ
17+4	40,8	43	42,9	42	42,1	42,16
17+10	44,4	45	44,6	43,7	43,1	44,16
17+12	42,4	42,9	42,5	43	42,6	42,68
17+13	46,8	47,9	48,2	47,1	48,3	47,66
22+4	43,3	45,8	45,4	44,8	43,1	44,48
22+10	45,2	46,5	46,6	46,1	46,8	46,24
22+12	42,4	43,6	43,2	43,1	41,8	42,82
22+13	50,9	50,2	50,4	51,4	49,8	50,54
22+2	45,6	45,3	45,9	47,2	45,1	45,82
22+14	45,9	46,2	46,5	47	45,4	46,2
15+2	46,7	49,1	46	47,9	47,3	47,4
15+10	45,5	47,6	47,2	46,3	45,8	46,48
15+13	50,6	50,7	50,5	51,9	49,9	50,72
15+14	46,8	46,4	46,3	45,2	47,1	46,36
18+2	41,2	40	39,9	40,9	42,3	40,86
18+10	40,2	41,2	41	41	40,7	40,82
19+2	42,9	41,5	42,2	43,1	41,9	42,32
19+10	42,9	42	42,5	41,9	42,3	42,32

Kombinace počesanou stranou nahoru

Počesanou stranou nahoru						
Pa*m2/W						
	1	2	3	4	5	φ
17+12	4,3	5,2	4,6	4,9	4,7	4,74

Tepelný odpor

Tepelný odpor [K·m ² /W]													
Vzorek č.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	φ	Směrodatná odchylka	IS
1	0,0122	0,0121	0,0104	0,0134	0,0134	0,0146	0,013	0,0125	0,0133	0,0137	0,01286	0,001141344	0,000816
2	0,0086	0,0097	0,0096	0,01	0,009	0,0087	0,0099	0,0096	0,0101	0,0085	0,00937	0,000611101	0,000437
3	0,0161	0,0163	0,0165	0,0176	0,0186	0,0168	0,0167	0,0171	0,017	0,0179	0,01706	0,000773448	0,000553
4	0,0094	0,0085	0,0089	0,0084	0,0093	0,0083	0,0095	0,0079	0,0081	0,0092	0,00875	0,000581664	0,000416
5	0,0188	0,0226	0,0184	0,0195	0,02	0,0212	0,0206	0,0189	0,0216	0,0197	0,02013	0,001354047	0,000969
6	0,0118	0,0101	0,0108	0,0098	0,0119	0,0112	0,0116	0,0097	0,0103	0,0105	0,01077	0,000819282	0,000586
7	0,0162	0,0161	0,0177	0,0152	0,0166	0,0155	0,017	0,0173	0,0168	0,0154	0,01638	0,000845642	0,000605
8	0,0092	0,0074	0,0087	0,0084	0,0081	0,0077	0,0081	0,0086	0,0091	0,0083	0,00836	0,00056999	0,000408
9	0,0091	0,0101	0,0093	0,0098	0,0089	0,01	0,0096	0,0094	0,0087	0,0101	0,0095	0,000503322	0,00036
10	0,0099	0,0098	0,009	0,0109	0,0102	0,0101	0,0095	0,0091	0,0098	0,0102	0,00985	0,000560258	0,000401
11	0,0228	0,0236	0,0252	0,0247	0,0219	0,0227	0,0235	0,0224	0,0241	0,0219	0,02328	0,001139005	0,000815
12	0,0085	0,0097	0,0102	0,0093	0,0091	0,009	0,0089	0,0101	0,0104	0,0097	0,00949	0,00062796	0,000449
13	0,0026	0,0039	0,0036	0,0026	0,0021	0,002	0,0026	0,0033	0,0037	0,0036	0,003	0,000699206	0,0005
14	0,0132	0,0147	0,0114	0,0118	0,0108	0,0112	0,0136	0,0135	0,0122	0,0128	0,01252	0,001247041	0,000892
15	0,0411	0,0382	0,0393	0,0421	0,0407	0,0389	0,0401	0,0395	0,0413	0,042	0,04032	0,001332333	0,000953
16	0,0486	0,0473	0,0504	0,0496	0,0488	0,0501	0,0489	0,0476	0,0482	0,0499	0,04894	0,001054303	0,000754
17	0,0331	0,0361	0,0358	0,0322	0,031	0,0312	0,0315	0,0348	0,0336	0,0357	0,0335	0,001999444	0,00143
18	0,057	0,0578	0,0545	0,0559	0,0577	0,0539	0,0561	0,0554	0,0573	0,0558	0,05614	0,001320942	0,000945
19	0,0476	0,0514	0,0495	0,0493	0,0513	0,0482	0,0502	0,0498	0,0479	0,0511	0,04963	0,001403211	0,001004
20	0,048	0,0486	0,0482	0,0467	0,0464	0,048	0,0469	0,0478	0,0483	0,0489	0,04778	0,000837722	0,000599
21	0,0516	0,0517	0,0508	0,0557	0,0532	0,0506	0,0517	0,0529	0,05	0,0514	0,05196	0,001633809	0,001169
22	0,0012	0,0075	0,0014	0,0037	0,0043	0,0046	0,009	0,0015	0,0067	0,0056	0,00455	0,002697015	0,001929

PŘÍLOHA 3

Hodnoty naměřené na přístroji Alambeta, některé hodnoty nutno matematicky upravit.

Klimatizované vzorky:

	1			ϕ		2			ϕ
a [m ² /s]	0,105	0,121	0,134	0,12	a [m ² /s]	0,13	0,131	0,134	0,13
b [W·m ⁻² s ^{1/2}]	148	134	129	137,00	b [W·m ⁻² s]	126	125	125	125,33
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0134	0,0138	0,0139	0,01	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0122	0,0125	0,0127	0,01
h [mm]	0,65	0,65	0,66	0,65	h [mm]	0,55	0,57	0,58	0,57
p	1,89	1,72	1,71	1,77	p	1,41	1,4	1,41	1,41
q [W/m ²]	0,526	0,471	0,46	0,49	q [W/m ²]	0,422	0,411	0,409	0,41
λ [W·m ⁻¹ K ⁻¹]	0,0481	0,0469	0,0473	0,047	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0452	0,0452	0,0457	0,045
	3			ϕ		4			ϕ
a [m ² /s]	0,086	0,123	0,145	0,12	a [m ² /s]	0,118	0,123	0,126	0,12
b [W·m ⁻² s ^{1/2}]	153	129	123	135,00	b [W·m ⁻² s]	145	142	140	142,33
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0204	0,0207	0,0202	0,02	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0124	0,0122	0,0125	0,01
h [mm]	0,92	0,94	0,94	0,93	h [mm]	0,62	0,61	0,62	0,62
p	2,41	2,1	1,96	2,16	p	1,47	1,44	1,45	1,45
q [W/m ²]	0,484	0,413	0,392	0,43	q [W/m ²]	0,435	0,432	0,426	0,43
λ [W·m ⁻¹ K ⁻¹]	0,0448	0,0452	0,0467	0,046	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0499	0,0498	0,496	0,199
	5			ϕ		6			ϕ
a [m ² /s]	0,116	0,163	0,158	0,15	a [m ² /s]	0,112	0,119	0,126	0,12
b [W·m ⁻² s ^{1/2}]	143	118	122	127,67	b [W·m ⁻² s]	143	138	136	139,00
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0178	0,0185	0,0189	0,02	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0118	0,0124	0,0117	0,01
h [mm]	0,89	0,87	0,92	0,89	h [mm]	0,57	0,59	0,57	0,58
p	2,11	1,77	1,86	1,91	p	1,54	1,55	1,52	1,54
q [W/m ²]	0,463	0,383	0,397	0,41	q [W/m ²]	0,474	0,457	0,471	0,47
λ [W·m ⁻¹ K ⁻¹]	0,0486	0,0476	0,0484	0,048	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0478	0,0476	0,0484	0,048
	7			ϕ		8			ϕ
a [m ² /s]	0,208	0,228	0,218	0,22	a [m ² /s]	0,134	0,134	0,411	0,23
b [W·m ⁻² s ^{1/2}]	107	100	102	103,00	b [W·m ⁻² s]	131	130	121	127,33
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0163	0,0166	0,0165	0,02	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0127	0,0125	0,0125	0,01
h [mm]	0,79	0,79	0,79	0,79	h [mm]	0,61	0,59	0,61	0,60
p	1,62	1,55	1,53	1,57	p	1,49	1,46	1,42	1,46
q [W/m ²]	0,377	0,359	0,357	0,36	q [W/m ²]	0,424	0,419	0,411	0,42
λ [W·m ⁻¹ K ⁻¹]	0,0486	0,0478	0,0476	0,048	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0478	0,0474	0,0489	0,048
	9			ϕ		10			ϕ
a [m ² /s]	0,115	0,138	0,143	0,13	a [m ² /s]	0,103	0,115	0,114	0,11
b [W·m ⁻² s ^{1/2}]	144	134	131	136,33	b [W·m ⁻² s]	143	138	137	139,33
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0124	0,0124	0,0125	0,01	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0111	0,011	0,0111	0,01
h [mm]	0,61	0,62	0,62	0,62	h [mm]	0,51	0,51	0,51	0,51
p	1,45	1,39	1,36	1,40	p	1,35	1,3	1,31	1,32
q [W/m ²]	0,417	0,399	0,391	0,40	q [W/m ²]	0,423	0,42	0,414	0,42
λ [W·m ⁻¹ K ⁻¹]	0,0487	0,0499	0,0496	0,049	λ [W·m ⁻¹ K]	0,046	0,0466	0,0463	0,046
	11			ϕ		12			ϕ
a [m ² /s]	0,135	0,163	0,175	0,16	a [m ² /s]	0,11	0,137	0,133	0,13
b [W·m ⁻² s ^{1/2}]	123	117	112	117,33	b [W·m ⁻² s]	174	156	159	163,00
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0172	0,0168	0,0173	0,02	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0114	0,0116	0,0116	0,01
h [mm]	0,78	0,79	0,81	0,79	h [mm]	0,66	0,67	0,67	0,67
p	1,54	1,42	1,43	1,46	p	1,56	1,45	1,48	1,50
q [W/m ²]	0,349	0,328	0,322	0,33	q [W/m ²]	0,483	0,438	0,451	0,46
λ [W·m ⁻¹ K ⁻¹]	0,0454	0,0473	0,0467	0,046	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0578	0,0578	0,058	0,058

	13			ϕ		14			ϕ
a [m ² /s]	0,092	0,112	0,088	0,10	a [m ² /s]	0,156	0,193	0,155	53,30
b [W·m ⁻² s ^{1/2}]	151	139	149	146,33	b [W·m ⁻² s]	110	99,3	110	53,22
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0053	0,0055	0,0055	0,01	r [W ⁻¹ K·m]	0,0133	0,0139	0,0132	0,30
h [mm]	0,24	0,26	0,24	0,25	h [mm]	0,58	0,61	0,57	0,96
p	1,06	1,03	1,04	1,04	p	1,37	1,32	1,31	0,85
q [W/m ²]	0,541	0,519	0,524	0,53	q [W/m ²]	0,38	0,35	0,36	0,20
λ [W·m ⁻¹ K ⁻¹]	0,0457	0,0464	0,0442	0,045	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0435	0,0437	0,0433	0,044
	15			ϕ		16			ϕ
a [m ² /s]	0,25	0,408	0,424	0,36	a [m ² /s]	0,245	0,539	0,502	0,43
b [W·m ⁻² s ^{1/2}]	91,2	73,1	71,3	78,53	b [W·m ⁻² s]	90,3	61	62,7	71,33
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0354	0,0346	0,0348	0,03	r [W ⁻¹ K·m]	0,041	0,0409	0,0412	0,04
h [mm]	1,62	1,62	1,62	1,62	h [mm]	1,83	1,83	1,83	1,83
p	1,64	1,4	1,41	1,48	p	2,03	1,52	1,52	1,69
q [W/m ²]	0,198	0,172	0,174	0,18	q [W/m ²]	0,214	0,162	0,16	0,18
λ [W·m ⁻¹ K ⁻¹]	0,0456	0,0467	0,0464	0,046	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0447	0,0447	0,0445	0,045
	17			ϕ		18			ϕ
a [m ² /s]	0,151	0,244	0,264	0,22	a [m ² /s]	0,3	0,555	0,464	0,44
b [W·m ⁻² s ^{1/2}]	128	100	97,7	108,57	b [W·m ⁻² s]	91,9	68	73,5	77,80
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0302	0,0305	0,0308	0,03	r [W ⁻¹ K·m]	0,0465	0,0473	0,0459	0,05
h [mm]	1,5	1,51	1,55	1,52	h [mm]	2,34	2,4	2,3	2,35
p	1,69	1,38	1,37	1,48	p	2,22	1,78	1,8	1,93
q [W/m ²]	0,236	0,19	0,187	0,20	q [W/m ²]	0,208	0,165	0,173	0,18
λ [W·m ⁻¹ K ⁻¹]	0,0497	0,0495	0,0502	0,050	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0503	0,0507	0,0501	0,050
	19			ϕ		20			ϕ
a [m ² /s]	0,261	0,537	0,47	0,42	a [m ² /s]	0,367	0,536	0,564	0,49
b [W·m ⁻² s ^{1/2}]	94	65,6	71,9	77,17	b [W·m ⁻² s]	72,3	59,9	59,5	63,90
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0404	0,0398	0,0401	0,04	r [W ⁻¹ K·m]	0,0367	0,0367	0,037	0,04
h [mm]	1,94	1,91	1,98	1,94	h [mm]	1,61	1,61	1,66	1,63
p	1,95	1,47	1,56	1,66	p	1,61	1,45	1,46	1,51
q [W/m ²]	0,208	0,159	0,167	0,18	q [W/m ²]	0,188	0,17	0,169	0,18
λ [W·m ⁻¹ K ⁻¹]	0,048	0,0481	0,0493	0,048	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0438	0,0439	0,0447	0,044
	21			ϕ		22			ϕ
a [m ² /s]	0,254	0,339	0,383	0,33	a [m ² /s]	0,051	0,061	0,055	0,06
b [W·m ⁻² s ^{1/2}]	86,8	74,2	70,1	77,03	b [W·m ⁻² s]	341	311	333	328,33
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0452	0,0456	0,0463	0,05	r [W ⁻¹ K·m]	0,0106	0,0107	0,0105	0,01
h [mm]	1,98	1,97	2,01	1,99	h [mm]	0,82	0,82	0,82	0,82
p	2,17	1,88	1,83	1,96	p	2,53	2,26	2,41	2,40
q [W/m ²]	0,209	0,18	0,173	0,19	q [W/m ²]	0,833	0,737	0,797	0,79
λ [W·m ⁻¹ K ⁻¹]	0,0438	0,0433	0,0433	0,043	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0774	0,0769	0,0779	0,077

Vzorky zavlhčené na 50%

	1			ϕ		2			ϕ
a [m ² /s]	0,074	0,082	0,081	0,079	a [m ² /s]	0,054	0,054	0,051	0,053
b [W·m ⁻² s]	329	297	303	309,667	b [W·m ⁻² s]	408	415	414	412,3333
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,007	0,008	0,008	0,007	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,005	0,006	0,006	0,006
h [mm]	0,63	0,63	0,66	0,640	h [mm]	0,51	0,52	0,52	0,516667
p	1,44	1,38	1,41	1,410	p	1,49	1,53	1,54	1,52
q [W/m ²]	0,614	0,57	0,575	0,586	q [W/m ²]	0,756	0,771	0,768	0,765
λ [W·m ⁻¹ K]	0,0893	0,0847	0,0863	0,087	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0948	0,0963	0,0932	0,095
	3			ϕ		4			ϕ
a [m ² /s]	6E-08	7,5E-08	7,8E-08	7,1E-08	a [m ² /s]	4,4E-08	4,8E-08	5,6E-08	4,93E-08
b [W·m ⁻² s]	528	466	435	476,3333	b [W·m ⁻² s]	544	487	459	496,6667
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,007	0,007	0,007	0,007	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,005	0,005	0,005	0,005
h [mm]	0,9	0,89	0,88	0,89	h [mm]	0,55	0,54	0,55	0,546667
p	2,13	1,84	1,83	1,933333	p	1,62	1,54	1,47	1,543333
q [W/m ²]	0,925	0,802	0,77	0,832333	q [W/m ²]	0,885	0,814	0,784	0,827667
λ [W·m ⁻¹ K]	0,129	0,128	0,121	0,126	λ [W·m ⁻¹ K]	0,114	0,107	0,108	0,110
	5			ϕ		6			ϕ
a [m ² /s]	7E-08	7,5E-08	7,9E-08	7,47E-08	a [m ² /s]	4,4E-08	5E-08	5,2E-08	4,87E-08
b [W·m ⁻² s]	461	445	428	444,6667	b [W·m ⁻² s]	576	526	504	535,3333
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,007	0,007	0,007	0,007	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,005	0,005	0,005	0,005
h [mm]	0,87	0,89	0,89	0,883333	h [mm]	0,55	0,55	0,55	0,55
p	1,86	1,85	1,82	1,843333	p	1,85	1,72	1,7	1,756667
q [W/m ²]	0,805	0,78	0,765	0,783333	q [W/m ²]	1,04	0,947	0,929	0,972
λ [W·m ⁻¹ K]	0,122	0,122	0,12	0,121	λ [W·m ⁻¹ K]	0,121	0,118	0,115	0,118
	7			ϕ		8			ϕ
a [m ² /s]	0,097	0,087	0,083	0,089	a [m ² /s]	4,8E-08	5E-08	5,1E-08	4,97E-08
b [W·m ⁻² s]	371	367	402	380	b [W·m ⁻² s]	548	543	528	539,6667
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,006	0,007	0,006	0,006	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,005	0,004	0,005	0,005
h [mm]	0,71	0,72	0,73	0,72	h [mm]	0,54	0,53	0,55	0,54
p	1,53	1,6	1,65	1,593333	p	1,69	1,68	1,71	1,693333
q [W/m ²]	0,727	0,718	0,773	0,739333	q [W/m ²]	0,954	0,968	0,946	0,956
λ [W·m ⁻¹ K]	0,116	0,109	0,116	0,114	λ [W·m ⁻¹ K]	0,012	0,122	0,119	0,084
	9			ϕ		10			ϕ
a [m ² /s]	5,4E-08	5,2E-08	5,8E-08	5,47E-08	a [m ² /s]	3,5E-08	3,7E-08	4,6E-08	3,93E-08
b [W·m ⁻² s]	503	529	506	512,6667	b [W·m ⁻² s]	546	527	490	521
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,005	0,005	0,005	0,005	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,004	0,004	0,004	0,004
h [mm]	0,53	0,54	0,55	0,54	h [mm]	0,42	0,42	0,43	0,423333
p	1,58	1,65	1,58	1,603333	p	1,56	1,53	1,43	1,506667
q [W/m ²]	0,883	0,938	0,897	0,906	q [W/m ²]	0,933	0,901	0,848	0,894
λ [W·m ⁻¹ K]	0,117	0,121	0,122	0,120	λ [W·m ⁻¹ K]	0,103	0,101	0,106	0,103
	11			ϕ		12			ϕ
a [m ² /s]	4,8E-08	6,1E-08	6,5E-08	5,8E-08	a [m ² /s]	5,1E-08	4,5E-08	4,5E-08	4,7E-08
b [W·m ⁻² s]	413	355	362	376,6667	b [W·m ⁻² s]	498	566	534	532,6667
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,007	0,008	0,007	0,008	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,005	0,005	0,005	0,005
h [mm]	0,67	0,7	0,69	0,686667	h [mm]	0,58	0,58	0,58	0,58
p	1,74	1,53	1,49	1,586667	p	1,51	1,66	1,62	1,596667
q [W/m ²]	0,725	0,617	0,629	0,657	q [W/m ²]	0,79	0,897	0,86	0,849
λ [W·m ⁻¹ K]	0,0902	0,0878	0,0922	0,090	λ [W·m ⁻¹ K]	0,113	0,119	0,114	0,115

	13			ϕ		14			ϕ
a [m ² /s]	2E-08	1,8E-08	2,2E-08	2E-08	a [m ² /s]	4,2E-08	4,8E-08	5,5E-08	4,83E-08
b [W·m ⁻² s]	338	401	255	331,3333	b [W·m ⁻² s]	539	482	446	489
r [W ⁻¹ K·m]	0,003	0,003	0,004	0,003	r [W ⁻¹ K·m]	0,004	0,005	0,005	0,004
h [mm]	0,15	0,15	0,15	0,15	h [mm]	0,48	0,48	0,47	0,476667
p	1,25	1,2	1,2	1,216667	p	1,77	1,65	1,51	1,643333
q [W/m ²]	0,846	0,797	0,746	0,796333	q [W/m ²]	1,02	0,92	0,853	0,931
λ [W·m ⁻¹ K]	0,0483	0,0532	0,0374	0,046	λ [W·m ⁻¹ K]	0,111	0,106	0,105	0,107
	15			ϕ		16			ϕ
a [m ² /s]	1,1E-07	9,3E-08	7,2E-08	9,17E-08	a [m ² /s]	1,2E-07	1,45E-07	1,04E-07	1,23E-07
b [W·m ⁻² s]	232	252	277	253,6667	b [W·m ⁻² s]	176	219	235	210
r [W ⁻¹ K·m]	0,017	0,017	0,018	0,017	r [W ⁻¹ K·m]	0,025	0,019	0,021	0,021
h [mm]	1,27	1,33	1,33	1,31	h [mm]	1,53	1,55	1,56	1,546667
p	1,98	2,25	2,57	2,266667	p	1,91	2,07	1,87	1,95
q [W/m ²]	0,458	0,502	0,556	0,505333	q [W/m ²]	0,309	0,42	0,36	0,363
λ [W·m ⁻¹ K]	0,0769	0,0771	0,0743	0,076	λ [W·m ⁻¹ K]	0,061	0,0833	0,0759	0,073
	17			ϕ		18			ϕ
a [m ² /s]	7,5E-08	8,6E-08	9,5E-08	8,53E-08	a [m ² /s]	1,04E-07	2E-07	1,16E-07	1,4E-07
b [W·m ⁻² s]	243	212	217	224	b [W·m ⁻² s]	176	237	179	197,3333
r [W ⁻¹ K·m]	0,021	0,022	0,020	0,021	r [W ⁻¹ K·m]	0,033	0,019	0,031	0,028
h [mm]	1,39	1,36	1,36	1,37	h [mm]	1,88	1,98	1,88	1,913333
p	2,18	1,54	1,85	1,856667	p	2,01	2,01	1,93	1,983333
q [W/m ²]	0,413	0,281	0,363	0,352333	q [W/m ²]	0,26	0,43	0,265	0,318333
λ [W·m ⁻¹ K]	0,0666	0,0662	0,0667	0,067	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0567	0,106	0,0609	0,075
	19			ϕ		20			ϕ
a [m ² /s]	1,09E-06	1,06E-07	1,57E-07	4,51E-07	a [m ² /s]	1,25E-07	2,07E-07	1,68E-07	1,67E-07
b [W·m ⁻² s]	180	182	252	204,6667	b [W·m ⁻² s]	181	127	142	150
r [W ⁻¹ K·m]	0,029	0,029	0,017	0,025	r [W ⁻¹ K·m]	0,021	0,023	0,023	0,022
h [mm]	1,71	1,71	1,72	1,713333	h [mm]	1,32	1,35	1,36	1,343333
p	1,7	1,8	2,13	1,876667	p	1,75	1,42	1,56	1,576667
q [W/m ²]	0,248	0,264	0,48	0,330667	q [W/m ²]	0,342	0,248	0,275	0,288333
λ [W·m ⁻¹ K]	0,0592	0,0592	0,0997	0,073	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0641	0,0577	0,0583	0,060
	21			ϕ		22			ϕ
a [m ² /s]	1,09E-07	1,19E-07	1,59E-07	1,29E-07	a [m ² /s]	3,2E-08	5,1E-08	5,1E-08	4,47E-08
b [W·m ⁻² s]	169	163	145	159	b [W·m ⁻² s]	989	866	879	911,3333
r [W ⁻¹ K·m]	0,034	0,034	0,034	0,034	r [W ⁻¹ K·m]	0,004	0,004	0,004	0,004
h [mm]	1,91	1,91	1,95	1,923333	h [mm]	0,77	0,78	0,77	0,773333
p	1,96	1,82	1,83	1,87	p	1,8	1,73	1,72	1,75
q [W/m ²]	0,243	0,23	0,232	0,235	q [W/m ²]	1,06	1,06	1,06	1,06
λ [W·m ⁻¹ K]	0,0558	0,0564	0,0577	0,057	λ [W·m ⁻¹ K]	0,181	0,196	0,199	0,192

Kombinace klimatizovaných vzorků

	15+2			φ		22+12			φ
a [m ² /s]	0,19	0,237	0,242	0,22	a [m ² /s]	0,15	0,144	0,155	0,15
b [W·m ⁻² s]	115	100	101	105,33	b [W·m ⁻² s]	179	181	177	179,00
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0397	0,0401	0,0398	0,04	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0225	0,0225	0,0222	0,02
h [mm]	1,99	1,95	1,98	1,97	h [mm]	1,556	1,55	1,55	1,55
p	3,71	3,71	3,24	3,55	p	2,33	2,32	2,25	2,30
q [W/m ²]	0,412	0,351	0,363	0,38	q [W/m ²]	0,426	0,422	0,414	0,42
λ [W·m ⁻¹ K]	0,0501	0,0487	0,0497	0,05	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0693	0,0689	0,0696	0,07
	15+10			φ		22+4			φ
a [m ² /s]	0,157	0,196	0,185	0,18	a [m ² /s]	0,133	0,141	0,155	0,14
b [W·m ⁻² s]	120	109	111	113,33	b [W·m ⁻² s]	184	178	172	178,00
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0385	0,0386	0,0381	0,04	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0223	0,0222	0,0222	0,02
h [mm]	1,84	1,86	1,82	1,84	h [mm]	1,49	1,49	1,5	1,49
p	3,92	3,57	3,5	3,66	p	2,35	2,27	2,19	2,27
q [W/m ²]	0,445	0,41	0,399	0,42	q [W/m ²]	0,435	0,419	0,401	0,42
λ [W·m ⁻¹ K]	0,0477	0,0483	0,0477	0,05	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0671	0,067	0,0677	0,07
	15+13			φ		22+10			φ
a [m ² /s]	0,198	0,23	0,215	0,21	a [m ² /s]	0,126	0,139	0,133	0,13
b [W·m ⁻² s]	107	101	104	104,00	b [W·m ⁻² s]	183	175	179	179,00
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0346	0,0341	0,0344	0,03	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0216	0,0212	0,0214	0,02
h [mm]	1,64	1,66	1,66	1,65	h [mm]	1,4	1,39	1,4	1,40
p	3,29	3,18	3,51	3,33	p	2,41	2,28	2,41	2,37
q [W/m ²]	0,41	0,402	0,441	0,42	q [W/m ²]	0,452	0,436	0,457	0,45
λ [W·m ⁻¹ K]	0,0474	0,0485	0,0483	0,05	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0648	0,0653	0,0653	0,07
	15+14			φ		22+13			φ
a [m ² /s]	0,21	0,251	0,249	0,24	a [m ² /s]	0,135	0,133	0,132	0,13
b [W·m ⁻² s]	103	94,5	95,6	97,70	b [W·m ⁻² s]	186	186	190	187,33
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0423	0,0418	0,0418	0,04	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0169	0,017	0,0168	0,02
h [mm]	1,99	1,98	1,99	1,99	h [mm]	1,16	1,15	1,16	1,16
p	3,7	3,34	3,35	3,46	p	1,84	1,92	1,91	1,89
q [W/m ²]	0,385	0,352	0,352	0,36	q [W/m ²]	0,426	0,445	0,444	0,44
λ [W·m ⁻¹ K]	0,0471	0,0473	0,0477	0,05	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0684	0,0677	0,0689	0,07
	17+4			φ		22+14			φ
a [m ² /s]	0,162	0,195	0,199	0,19	a [m ² /s]	0,144	0,166	0,169	0,16
b [W·m ⁻² s]	126	112	114	117,33	b [W·m ⁻² s]	159	150	148	152,33
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0369	0,037	0,0367	0,04	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0244	0,024	0,0243	0,02
h [mm]	1,88	1,84	1,86	1,86	h [mm]	1,47	1,47	1,47	1,47
p	3,82	3,4	3,44	3,55	p	2,31	2,23	2,19	2,24
q [W/m ²]	0,446	0,402	0,41	0,42	q [W/m ²]	0,394	0,383	0,374	0,38
λ [W·m ⁻¹ K]	0,051	0,0498	0,0506	0,05	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0602	0,061	0,0608	0,06
	17+10			φ		17+4 obráceně			φ
a [m ² /s]	0,163	0,197	0,196	0,19	a [m ² /s]	0,19	0,175	0,199	0,19
b [W·m ⁻² s]	126	112	114	117,33	b [W·m ⁻² s]	119,00	112	125	118,67
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0369	0,037	0,0367	0,04	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,04	0,0381	0,0388	0,04
h [mm]	1,88	1,84	1,86	1,86	h [mm]	2,01	2,02	1,98	2,00
p	3,82	3,4	3,44	3,55	p	3,32	3,21	3,45	3,33
q [W/m ²]	0,446	0,402	0,41	0,42	q [W/m ²]	0,38	0,313	0,415	0,37
λ [W·m ⁻¹ K]	0,051	0,0498	0,0506	0,05	λ [W·m ⁻¹ K]	0,05	0,0514	0,0497	0,05
	17+12			φ		17+13			φ
a [m ² /s]	0,197	0,208	0,19	0,20	a [m ² /s]	0,246	0,196	0,188	0,21
b [W·m ⁻² s]	120	117	122	119,67	b [W·m ⁻² s]	101	113	115	109,67
r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0384	0,038	0,0382	0,04	r [W ⁻¹ K·m ²]	0,0328	0,0325	0,0327	0,03
h [mm]	2,05	2,03	2,03	2,04	h [mm]	1,64	1,63	1,63	1,63
p	3,49	3,34	3,43	3,42	p	2,9	3,38	3,38	3,22
q [W/m ²]	0,396	0,384	0,387	0,39	q [W/m ²]	0,379	0,444	0,442	0,42
λ [W·m ⁻¹ K]	0,0533	0,0535	0,0532	0,05	λ [W·m ⁻¹ K]	0,0501	0,0501	0,0498	0,05

PŘÍLOHA 4

Data k měřenému signálu

Hmotnost vzorků

vzorek	Hmotnost vysušeného vzorku [g]	Hmotnost zavlhčeného vzorku na 50% [g]	Hmotnost zavlhčeného vzorku na 50% s "kapsičkou" [g]
1	1,66	2,49	3,38
2	1,81	2,72	3,61
3	2,92	4,38	5,27
4	2,57	3,86	4,75
5	2,91	4,37	5,26
6	2,33	3,5	4,39
7	1,86	2,79	3,68
8	2,14	3,21	4,1
9	2,09	3,14	4,03
10	2,11	3,17	4,06
11	2,55	3,83	4,72
12	2,79	4,19	5,08
13	0,78	1,17	2,06
14	1,72	2,58	3,47
15	3,91	5,87	6,76
16	2,88	4,32	5,21
17	4,34	6,51	7,4
18	4,81	7,22	8,11
19	4,18	6,27	7,16
20	2,42	3,63	4,52
21	4,31	6,47	7,36
22	4,6	6,9	7,79
Bavlna	2,21	3,32	4,21

Proudění vzduchu 1 m/s, hodnoty jsou naměřené v minutách

Rychlost proudění vzduchu 1 m/s														
Signál	vzorek č. 1	vzorek č. 2	vzorek č. 3	vzorek č. 4	vzorek č. 5	vzorek č. 6	vzorek č. 7	vzorek č. 8	vzorek č. 9	vzorek č. 10	vzorek č. 11	vzorek č. 12	vzorek č. 13	vzorek č. 14
95	05:16	06:02	10:54	08:39	12:07	07:52	06:56	06:21	06:36	06:55	09:14	08:40	01:13	05:18
90	05:22	06:08	11:07	08:44	12:15	07:56	07:03	06:27	06:41	07:00	09:20	08:46	01:18	05:23
85	05:28	06:15	11:16	08:49	12:20	08:00	08:00	06:32	06:45	07:05	09:26	08:51	01:23	05:27
80	05:33	06:21	11:24	08:52	12:25	08:03	07:18	06:36	06:50	07:09	09:31	08:56	01:27	05:32
75	05:38	06:28	11:32	08:55	12:30	08:07	07:26	06:39	06:54	07:12	09:36	09:01	01:32	05:36
70	05:44	06:33	11:39	08:58	12:35	08:12	07:33	06:42	06:59	07:16	09:41	09:04	01:35	05:39
65	05:50	06:38	11:45	09:01	12:40	08:16	07:37	06:46	07:03	07:19	09:46	09:09	01:38	05:42
60	05:55	06:42	11:51	09:04	12:46	08:20	07:42	07:00	07:07	07:22	09:50	09:13	01:42	05:45
55	06:01	06:46	11:56	09:07	12:52	08:24	07:47	06:54	07:11	07:25	09:54	09:17	01:46	05:48
50	06:07	06:49	12:02	09:11	12:58	08:29	07:50	06:59	07:15	07:28	09:59	09:21	01:50	05:50
45	06:12	06:53	12:08	09:14	13:03	08:33	07:54	07:03	07:19	07:32	10:03	09:25	01:53	05:52
40	06:19	06:57	12:15	09:17	13:09	08:37	07:58	07:07	07:23	07:36	10:08	09:28	01:56	05:55
35	06:25	07:01	12:21	09:21	13:15	08:41	08:01	07:12	07:27	07:39	10:13	09:32	01:59	05:58
30	06:32	07:06	12:29	09:25	13:20	08:46	08:06	07:17	07:31	07:44	10:19	09:36	02:02	06:01
25	06:39	07:10	12:38	09:29	13:27	08:51	08:11	07:22	07:35	07:48	10:26	09:41	02:05	06:04
20	06:48	07:16	12:50	09:33	13:35	08:57	08:17	07:27	07:41	07:53	10:37	09:45	02:09	06:08
15	07:01	07:25	13:07	09:39	13:46	09:02	08:24	07:33	07:49	07:59	10:51	09:51	02:15	06:11
10	07:21	07:41	13:47	09:51	14:14	09:18	08:35	07:42	08:04	08:08	11:18	10:01	02:28	06:20
5	08:52	08:31	15:50	10:59	15:58	11:06	09:11	08:13	08:43	08:37	13:43	10:38	03:00	06:50

Rychlost proudění vzduchu 1 m/s								
Signál	vzorek č. 15	vzorek č. 16	vzorek č. 17	vzorek č. 18	vzorek č. 19	vzorek č. 20	vzorek č. 21	vzorek č. 22
95	13:27	09:02	13:33	03:01	17:30	01:46	20:35	07:04
90	16:21	11:13	14:39	06:08	17:47	08:20	20:53	07:51
85	16:29	11:22	15:14	10:32	18:00	08:54	21:05	09:02
80	16:37	11:31	15:34	22:11	18:12	09:21	21:15	11:03
75	16:44	11:38	15:54	22:25	18:24	09:38	21:24	12:41
70	16:50	11:44	16:18	22:37	18:36	09:49	21:31	13:33
65	16:57	11:49	16:42	22:48	18:47	10:00	21:40	14:10
60	17:04	11:54	17:09	23:00	18:57	10:09	21:47	14:41
55	17:09	11:59	17:36	23:12	19:08	10:18	21:55	15:08
50	17:16	12:04	18:06	23:23	19:21	10:28	22:03	15:34
45	17:23	12:09	18:35	23:33	19:31	10:38	22:11	15:59
40	17:30	12:14	19:15	23:44	19:42	10:48	22:19	16:25
35	17:36	12:21	19:55	23:55	19:55	11:00	22:28	16:52
30	17:43	12:28	20:33	24:07	20:11	11:11	22:37	17:24
25	17:50	12:37	21:14	24:20	20:25	11:22	22:46	17:59
20	17:58	12:49	22:12	24:35	20:38	11:33	22:58	18:33
15	18:10	13:06	23:35	24:53	20:58	11:44	23:14	19:21
10	18:32	13:42	26:10	25:23	21:36	12:02	23:39	20:43
5	20:03	17:11	35:58	31:02	27:37	13:51	30:04	22:48

Signál	Rychlost proudění vzduchu 1 m/s u bavlněného vzorku
95	08:34
90	09:08
85	09:34
80	09:55
75	10:12
70	10:30
65	10:47
60	11:04
55	11:21
50	11:42
45	12:02
40	12:30
35	13:03
30	13:34
27	45:05

Proudění vzduchu 2 m/s, hodnoty jsou naměřené v minutách

Rychlost proudění vzduchu 2 m/s														
Signál	vzorek č. 1	vzorek č. 2	vzorek č. 3	vzorek č. 4	vzorek č. 5	vzorek č. 6	vzorek č. 7	vzorek č. 8	vzorek č. 9	vzorek č. 10	vzorek č. 11	vzorek č. 12	vzorek č. 13	vzorek č. 14
95	04:48	03:35	04:59	05:48	07:47	04:57	06:00	04:09	03:51	04:42	08:02	07:04	01:58	04:30
90	04:57	03:40	06:44	05:52	07:55	05:04	06:04	04:38	04:03	04:46	08:08	07:10	02:00	04:33
85	05:04	03:45	06:51	05:55	08:01	05:09	06:11	04:41	04:08	04:49	08:12	07:15	02:03	04:35
80	05:10	03:49	06:57	05:59	08:07	05:13	06:19	04:44	04:12	04:53	08:16	07:19	02:05	04:38
75	05:15	03:53	07:02	06:02	08:12	05:16	06:24	04:46	04:15	04:55	08:20	07:25	02:08	04:41
70	05:20	03:56	07:07	06:05	08:17	05:19	06:29	04:49	04:18	04:58	08:23	07:30	02:10	04:44
65	05:25	04:00	07:11	06:08	08:24	05:22	06:34	04:51	04:21	05:01	08:27	07:35	02:13	04:46
60	05:30	04:04	07:15	06:11	08:30	05:25	06:40	04:53	04:24	05:03	08:30	07:39	02:15	04:48
55	05:34	04:08	07:19	06:13	08:36	05:28	06:44	04:56	04:27	05:05	08:33	07:44	02:17	04:51
50	05:39	04:11	07:22	06:16	08:42	05:31	06:48	04:59	04:30	05:08	08:36	07:49	02:20	04:53
45	05:45	04:15	07:26	06:19	08:47	05:34	06:51	05:02	04:32	05:11	08:40	07:54	02:22	04:56
40	05:50	04:18	07:30	06:21	08:52	05:37	06:56	05:05	04:35	05:13	08:45	07:59	02:24	04:58
35	05:55	04:22	07:34	06:24	08:57	05:39	07:01	05:09	04:38	05:17	08:49	08:04	02:26	05:00
30	06:00	04:25	07:39	06:27	09:03	05:43	07:04	05:13	04:41	05:20	08:52	08:10	02:28	05:02
25	06:05	04:29	07:44	06:30	09:07	05:46	07:08	05:17	04:45	05:23	08:56	08:15	02:30	05:05
20	06:10	04:33	07:51	06:33	09:12	05:50	07:13	05:22	04:49	05:26	09:02	08:20	02:34	05:08
15	06:18	04:37	08:02	06:36	09:19	05:54	07:18	05:27	04:54	05:31	09:10	08:26	02:38	05:11
10	06:32	04:45	08:22	06:41	09:30	05:59	07:26	05:34	05:03	05:39	09:27	08:33	02:47	05:17
5	07:13	05:01	09:03	06:55	10:09	06:14	07:46	05:51	05:23	06:02	10:41	08:51	03:10	05:37

Rychlost proudění vzduchu 2 m/s									
Signál	vzorek č. 15	vzorek č. 16	vzorek č. 17	vzorek č. 18	vzorek č. 19	vzorek č. 20	vzorek č. 21	vzorek č. 22	
95	01:38	08:12	03:07	02:34	19:54	00:56	20:23	06:45	
90	13:02	11:09	04:36	04:08	20:06	03:41	20:54	07:50	
85	13:19	11:17	05:33	08:09	20:19	10:35	21:16	10:49	
80	13:31	11:25	06:23	24:24	20:31	10:49	21:34	13:06	
75	13:43	11:32	07:27	24:38	20:41	10:57	21:51	13:47	
70	13:51	11:39	08:29	24:48	20:52	11:03	22:07	14:26	
65	13:59	11:46	09:50	24:58	21:03	11:09	22:23	14:58	
60	14:06	11:53	11:07	25:05	21:11	11:14	22:36	15:23	
55	14:13	11:59	12:25	25:12	21:22	11:17	22:49	15:47	
50	14:21	12:06	13:44	25:19	21:32	11:21	23:01	16:11	
45	14:28	12:12	14:50	25:26	21:41	11:24	23:11	16:35	
40	14:36	12:20	15:58	25:32	21:51	11:27	23:20	16:59	
35	14:44	12:26	16:57	25:39	22:02	11:30	23:29	17:23	
30	14:53	12:32	17:54	25:46	22:14	11:35	23:40	17:49	
25	15:03	12:40	18:58	25:53	22:24	11:38	23:52	18:26	
20	15:14	12:51	19:51	26:02	22:37	11:44	24:07	19:01	
15	15:27	13:05	21:14	26:16	22:55	11:50	24:22	19:42	
10	15:47	13:24	23:44	26:37	23:25	12:03	24:46	21:02	
5	16:30	15:03	29:32	27:49	24:53	12:31	26:03	23:40	